

\* NOTICES \*

JP0 and NCIP1 are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

1. Electrochemistry Converter Assembly Which Has Two or More Converter Components, and Reagin Supply Means for Supplying Reagin to Said Converter Assembly, The exhaust air means for exhausting from said converter assembly, and the electric extract means for extracting the electrical and electric equipment from said converter assembly, A playback type heat exchange means to cool said exhaust air to coincidence and to perform heat transfer between said reagins and exhaust air while heating said reagin supplied to a predetermined operating temperature, They are two or more heat-transfer elements which are arranged without contacting between said electrochemistry converter components, and convey an activity medium. The electrochemistry inverter which reduced substantially the need for the cooling style of the supplement which consists of an accumulated heat transfer assembly which removes waste heat from said converter component by radiation, with flows said electrochemistry converter component.
2. Electrochemistry inverter of claim 1 which changed superfluous heat in said activity medium into electrical and electric equipment, including further basic thermodynamics plant furthermore combined with said accumulation heat transfer assembly.
3. Said playback type heat exchange means is the electrochemistry inverter of claim 1 which is what heats said reagin supplied near the temperature of said electrochemical converter assembly.
4. Said playback type heat exchange means is the electrochemistry inverter of claim 1 which is the heat exchanger accumulated on the interior.
5. The heat exchanger accumulated on the interior is the electrochemistry inverter of claim 4 which is a countercurrent-heat-exchange machine.
6. A countercurrent-heat-exchange machine contains the 1st pipe and the 2nd pipe, and the 1st pipe and the 2nd pipe are the electrochemistry inverter of parallel claim 5 mutually substantially.
7. A countercurrent-heat-exchange machine is the electrochemistry inverter of claim 5 containing the 1st pipe of the same axle, and the 2nd pipe.
8. A playback type heat exchange means is the electrochemistry inverter of claim 3 which is the heat exchanger accumulated outside.
9. The heat exchanger accumulated outside is the electrochemistry inverter of claim 8 which is a countercurrent-heat-exchange machine.
10. A countercurrent-heat-exchange machine contains the 1st pipe and the 2nd pipe, and the 1st pipe and the 2nd pipe are the electrochemistry inverter of parallel claim 9 mutually substantially.
11. A countercurrent-heat-exchange machine is the electrochemistry inverter of claim 9 containing the 1st pipe of the same axle, and the 2nd pipe.
12. A basic thermodynamics plant is the electrochemistry inverter of claim 2 which is one of a gas turbine and the steam turbines.
13. A heat transfer component contains the 1st pipe and the 2nd pipe, and the 2nd pipe is [ the 1st pipe and ] the electrochemistry inverter of parallel claim 1 mutually.
14. A heat transfer component is the electrochemistry inverter of claim 1 containing the 1st pipe

of the same axle, and the 2nd pipe.

15. Outside tubing of a heat transfer component is the electrochemistry inverter of claim 14 which has the 1st edge and the 2nd closed edge.

16. An activity medium is gas, a steam, and an electrochemistry inverter of claim 1 that consists of at least one sort of water.

17. An electrochemistry converter assembly and said plant are the electrochemistry inverter of claim 1 which is what is pressurized independently.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

### [Detailed Description of the Invention]

the playback heat in an elevated-temperature electrochemistry converter -- and -- Background of accumulation invention of the radiant heat Especially this invention relates to the high performance system which uses this converter, and its operation about an elevated-temperature electrochemistry converter.

An electrochemistry converter is a fuel-electrical energy converter in fuel cell (electric organ) mode, and is an electrical energy-fuel converter in electrolyzer (fuel composition machine) mode. A converter does not perform high efficiency actuation only depending on the relation between the free energy in electrochemical reaction, and enthalpy, and is not limited to a Carnot's cycle. a series of interconnect arranged between electrolyte units in order that the important component of an electrochemistry energy conversion machine may perform serial electrical connection in a series of electrolyte unit lists by which an electrode is arranged -- it is a conductor. the ion which has the ion resistance with each low electrolyte unit -- it is a conductor, therefore the various electrolytes of an ion kind conveyed from one electrode-electrolyte interface to the bottom of the operating condition of a converter at the electrode-electrolyte interface of the opposite side are usable, for example, the zirconia stabilized with compounds, such as a magnesia, calcia, and yttria, satisfies these requirements, when operating by high temperature (typically about 1000 degrees C). An electrolyte ingredient uses oxygen ion, in order to carry a current. An electrolyte must not have conductivity to the electron which may cause the short circuit of a converter. on the other hand -- interconnect -- an electron with a good conductor -- it must be a conductor. Although the interaction of reactant gas, an electrode, and an electrolyte happens by the electrolyte interface, for that purpose, an electrode is fully porosity, a reactant gas kind can be flowed and a generation kind flows out. an electrolyte and interconnect -- the attempt which manufactures each component of a conductor from the plate of independence nature is indicated by this invention person on December 25, 1984 at U.S. Pat. No. 4490445 of issue. however, an electrolyte plate and interconnect -- a conductor -- the superposition object of a plate experiences thermal unbalancing while in use. Therefore, it is important by [ to an electrolyte component ] making transfer of the heat from them easy again to lessen the heat gradient which crosses the whole converter.

When an electrochemistry converter performs fuel-electrical-and-electric-equipment conversion in fuel cell mode, the waste energy of the form of heat must be removed from an electrolyte front face. On the contrary, when a converter performs electric-fuel conversion in electrolysis machine mode, an electrolyte must receive supply of heat, in order to maintain the reaction. Heat exchange was attained with conventional equipment by the heat transfer capacity by the convection current at the time of gas-like reagin mainly moving in the inside of equipment. The dependence to such heat transfer capacity of reagin produces a heat gradient inevitably in equipment, and, as a result, an electrochemistry process does not become the optimal. In order to solve this problem, the attempt which accumulates a series of heat transfer components on an electrochemistry converter is proposed by this invention person by U.S. Pat. No. 4853100 of issue on August 1, 1989. This type of accumulation mold equipment makes easy

heat transfer from the superposition object of a fuel cell by reducing the heat gradient which crosses a converter. However, it still is not enough and the thermal control device inside electrochemistry energy equipment needs further to be improved. If the improved electrochemistry equipment which has the capacity which controls the operating temperature in electrochemistry energy equipment efficiently especially is offered, it becomes the big improvement in the industrial world.

Epitome of invention Thermal control effective in the altitude in electrochemistry energy equipment can be attained by accumulating column-like an electrochemistry converter component and a heat transfer component on massive (bulk). A heat transfer component forms the pillar-shaped array object which it has been arranged between pillar-shaped converter components, and was integrated. Heat transfer by radiation performs heat exchange between a pillar-shaped converter component and a heat transfer component.

The accumulation nature, versatility, and effectiveness of equipment are an important factor in a design and configuration of a fuel cell. In order to coalesce fuel cell equipment in a basic plant, for example, steam, or a gas turbine, several sorts of approaches are possible. According to one description of this invention, the cylinder superposition object of the plane arrangement equipped with the internal manifold (\*\*\*\*\*) enables efficient thermal accumulation with a power plant. Especially in the case of the internal heat exchange which uses radiant heat accumulation (RTI), this is so.

Speaking more concretely, the reagin which flows into an electrochemistry converter circulating a fuel cell superposition object, after being heated by predetermined operating temperature. The exhaust air flowing out is heated by high outlet temperature. Subsequently, exhaust air passes along the heat exchanger to which the flowing reagin is circulating. For this reason, heat transmits to the gas-like reagin which flows from exhaust air by conduction. The amount of heat transfer to the reagin which flows from exhaust air is equal to the amount of the heat absorbed, and thermal equilibrium is formed. Furthermore, it is performed, the efficient radiative heat transfer, for example, the internal heat exchange, to the heat transfer component which has held the activity medium for the basic cycle accumulated from the pillar-shaped superposition object by becoming intricate to them. Then, an activity medium removes heat from a heat-transfer element, and since a basic plant is driven, it carries it to a basic cycle. A high temperature fuel cell superposition object can be packed so that the module of the form of a pillar-shaped assembly block of 10-25kW capacity may be formed. These modules can expand a scale by piling up the bundle of juxtaposition so that it may be suitable for the application of MW level.

The electrochemistry sensing element of this equipment can be manufactured from the thin structure component designed so that conversion efficiency might be optimized. desirable -- electrolytic sheet metal and interconnect -- the sheet metal of a conductor is used. Straight self-standing (self-firmness) electrolyte sheet metal can be manufactured with a plasma-spraying technique as indicated by the United States patent application No. 4721556 of this invention person at the detail. As an exception method, an electrolyte plate may be manufactured later using the wafer processing technique explained in detail.

the interconnect which has the wave configuration which gives the distribution path of reagin -- a conductor -- other components of a converter superposition object can be constituted using a plate. As for these plates, it is desirable to manufacture so that weight and costs may be made into min. interconnect -- as for the ingredient of a conductor, it is desirable to satisfy the high intensity and the chemical-resistant requirements in ease and high temperature for manufacture. It turned out that an about 100-500-micrometer alloy sheet is suitable. A suitable alloy is the cermet of refractories like a nickel alloy, a nickel chrome alloy, a nickel-chromium iron alloy, iron-chromium-aluminium alloys and these alloys, an alumina, and a zirconia.

the case where a metal alloy is used -- interconnect -- in order to secure the electric continuity kicked under the environment of the hot oxidizing quality of a conductor, it is desirable to give thin covering (for example, about 10 micrometers or less) of gold, silver, or platinum on a contact. The elevated-temperature durability test showed that these contact material had stability and endurance. interconnect -- a conductor -- punching or a vacuum evaporation technique can be used for forming the wave configuration of a plate.



By forming the hairpin-like structure which makes a converter component a pair and has U typeface connection, the superposition object of an electrochemistry converter can attain better structural rigidity, and can form the more convenient single-sided terminal for electrical connection in a gas manifold list. The electrical and electric equipment can be supplied to the hairpin structure of the electrochemistry converter which formed and made multiplex parallel connection of the bus (bus-bar) rod. The remaining heat of the gas which uses a counterflow heat exchanger as a heat-conduction buffer, and flows in the direction of a counterflow can be performed.

The energy conversion equipment indicated here can be used in various kinds of equipments so that you may make it connected with other thermodynamic approaches and it may generate electricity. In the one illustrated example, this fuel cell is used as a joint generation-of-electrical-energy system within the steam boiler of industrial use.

The heat transfer component of this invention can carry out the form of the heat pipe constituted so that it might have remarkable high heat transport capacity, or other tubular structure objects. Such a tubular structure object can be made into coaxial double pipe structure so that it had the structure suitable for conveying an activity medium, had the aisleway and the external path, and the external path has closed at the end, working fluid may turn an aisleway to that open end, and may flow and it may subsequently flow conversely through an external path (or this reverse).

Although this invention is explained in relation to some example below, probably, it will be clear to this contractor for deformation various by within the limits of this invention and correction to be possible. For example, massive (bulk) accumulation can be enabled in various configurations at a converter component and a heat transfer component. Furthermore, although the converter component and the heat transfer component illustrated what is a cylindrical shape-like, these components can take various gestalten. moreover, other ingredients which have a good ion transport property -- instead of [ of a zirconia ] -- using it -- an electrolyte plate -- you may form -- moreover, interconnect -- a conductor -- a plate may have a protruding line or a discontinuous projection continuously.

Easy explanation of a drawing Drawing 1 is the perspective view of the electrochemistry inverter which uses the pillar-shaped electrochemistry converter component and heat transfer component by this invention.

Drawing 2 is the enlarged drawing of the electrolyte component of each electric transducer component of drawing 1 , and an interconnect conductive element.

Drawing 3 is the expansion perspective view of the electrolyte component of the electric transducer component of drawing 2 , and an interconnect conductive element.

Drawing 4 is the perspective view of the electrochemistry inverter by this invention.

Drawing 5 is the perspective view of the countercurrent-heat-exchange machine which used the playback type heating method by this invention.

Drawing 6 A is the sectional view of drawing 4 , and shows high density accumulation of a converter component and a heat transfer component.

Drawing 6 B is the fracture perspective view of the heat transfer component of drawing 1 by this invention, and shows the flow of working fluid.

Drawing 7 illustrates the application to the joint generation of electrical energy which coalesced the electrochemistry inverter of this invention.

Drawing 8 is the conceptual diagram of a gas turbine or steam, and the accumulated electrochemistry inverter by carrying out radiant-heat association with a turbine activity medium.

Drawing 9 is the conceptual diagram of a gas turbine or steam, and the accumulated electrochemistry inverter by carrying out convection-heat association with an activity medium through an external indirect heat exchanger.

Detailed description In drawing 1 , the electric inverter 10 by this invention consists of the electrochemistry converter assembly 20, heat transfer, or a heat exchanger assembly 30. The converter assembly 20 consists of two or more pillar-shaped converter components 21 combined with two or more U typeface curve combination 22. the electrolyte plate 1 which has

arranged the pillar-shaped converter component 21 by turns, and interconnect -- a conductor -- it consists of plates 2. The through hole formed in plates 1 and 2 offers the path to fuel gas and oxidant gas. interconnect -- a conductor -- the slot of a plate 2 makes distribution and collection of gas easy.

Heat transfer thru/or the heat exchanger assembly 30 make it easy to consist of two or more heat transfer components 31, and to remove heat energy from the converter component 21, or to supply heat energy to this. Massive or high density (bulk) of the converter component 21 and the heat transfer component 31

Accumulation is attained by making it become intricate mutually and arranging so that components 21 and 31 may be explained below. Heat transfer between components 21 and 31 is based mainly on thermal radiation. Since radiant heat association enables mechanical alienation while making high heat flux possible, the limit to the constraint on a design or selection of the material of a heat transfer component is eased. In addition, between electrochemistry converter components, the array pattern in high density accumulation gives good homogeneity temperature, and, thereby, gives the optimal property for equipment.

During heat leakage actuation, it can let water, a steam, or gas pass at the path of a component 31. Heat transfer to the heat transfer component 31 from the converter component 21 is based mainly on thermal radiation. The temperature of the converter component superposition object 20, i.e., a converter assembly, can be adjusted the optimal by choosing the ratio of the outside surface of the heat transfer component 31 which acts as the area and the heat extract means of an outside surface of the converter component 21 proper.

The effectiveness of cooling by this radiation association is as follows.

(1) Since an electrochemistry converter assembly (fuel cell assembly) and a refrigerant circuit are constituted independently, maintenance can be performed separately. (2) The initial complement of a reagin style can be determined only by the engine performance of the fuel cell instead of cooling. (3) Since the direct development of the steam is carried out, temperature can be easily chosen by changing the setting pressure in a boiler. (4) Heat transfer by the radiant heat enables maintenance of uniform temperature distribution covering the whole cell superposition object. In various kinds of application, a heat transfer fluid can use water, saturated steam, a heating steam, gas, or various kinds of 2 phase fluids.

The electrochemistry converter component, i.e., a cell, is shown in drawing 2 -3, and this cell consists of a single electrolyte plate 1 and a single interconnect plate 2. In one example, the electrolyte plate 1 consists of fully-stabilized-zirconia  $ZrO_2$  ( $Y_2O_3$ ) material 3, a porosity oxidizer electrode 4 applied to the field, and a porosity fuel electrode 5. There is a PUROBUSU kite like  $LaMnO_3$  (Sr) in the example of an oxidizing agent electrode. There is a cermet like  $ZrO_2$ /nickel in the desirable ingredient of a fuel electrode. interconnect -- a conductor -- as for a plate 2, it is desirable to manufacture from a desirable metal like Inconel, a nickel alloy, or a platinum alloy or a nonmetal conductor like silicon carbide. The interconnect plate 2 forms the heat-conduction way which results in the rim of the plates 1 and 2 along electrode surfaces 4 and 5 while it acts as a conductor between the adjoining electrolyte plates and serves as a septum between a fuel and oxidant gas.

A fuel flows through a hole 13 from the manifold 17 of the direction of an axis of a cell superposition object (the direction of superposition), and a fuel product is discharged by the manifold 18 through a hole 14. a fuel -- interconnect -- a conductor -- it is distributed to the whole front face of the fuel electrode 5 through the path means shown as a \*\*\*\*\* network 6 formed in the front face of a plate 2. The break 8 made by \*\*\*\*\* 7 forms opening to the slot network 6 which connects the holes 13 and 14 of the front face of each fuel electrode 5. An oxidizer is supplied to the interior of a cell superposition object through a hole 15 from a manifold 19, and the product is discharged through a hole 16 to a manifold 11. an oxidizer -- a conductor -- it is distributed to the whole oxidizer electrode of the following electrolyte plate through the \*\*\*\*\* network 9 of the complementary form formed in the base of a plate 2. The slot network where the inferior surface of tongue of the above-mentioned cell which carries out contiguity is the same offers the path of the oxidizer which met the electrolyte plate 1 as shown in drawing 3 shown in drawing 3 . interconnect -- \*\*\*\*\* of the outside of the slot networks 6

and 9 of a conductor 2 contacts an electrolyte plate 1, and forms the airtight outer wall of a superposition object. \*\*\*\*\* 7 is forced to an electrode in an assembly, and performs electric contact. It joins together with the secure-closing rod which is not illustrated, or a superposition object can be sealed.

The equipment relevant to this invention is a electrolysis machine (fuel composition machine), when it can be used as a fuel cell (electric organ) and the electrical and electric equipment is conversely supplied by supplying a gas fuel to a converter.

It can be used by carrying out.

the thin electrolyte plate of this invention can be manufactured with the high energy plasma-spraying technique which resembles U.S. Pat. No. 4629537 by this invention person, and is indicated. As an exception method, an electrolyte plate can also be sliced and manufactured from the lump of an electrolyte ingredient. for example, \*\*\*\*\* to which the high density cylinder block of solid oxide (for example, zirconia which doped yttria) follows slip shaping and it — a dimension — the block without a stable distortion can be manufactured. Next, it is obtained by slicing a block to a precision, thin electrolyte plate, i.e., film.

To manufacture of an electrolyte plate, it is also possible to use other ingredients instead of a solid acid ghost. such an ingredient — a solid-state anion — a conductor and a solid-state proton — there is a conductor. Furthermore, other oxygen ion transport ingredients like a melting carbonate can be used for an electrolyte plate on other oxygen ion transport ingredients, for example, a solid base material. Especially these ingredients are useful when low operating temperature (for example, about 500 degrees C – about 850 degrees C) is desired. furthermore, thin interconnect of this invention — a conductor — as a plate, various kinds of electrical conducting materials can be used. There are refractories of the cermet of a nickel alloy, a nickel-chromium alloy, a nickel-chromium iron alloy, an iron-chromium-aluminium alloy, platinum alloys, and these alloys and a zirconia, an alumina, etc., silicon carbide, a molybdenum JISHIRI side, etc. in a suitable interconnect ingredient.

interconnect — wave type the top face and low side pattern of a conductor can be acquired by pressing for example, a metal alloy sheet between the male with which it aligned more than the lot, and a female mold. Metal mold is beforehand manufactured according to the gestalt of a request of a product, and it is quenched by heat treatment and it is made equal [ metal mold ] to the repetitive compression in mass production method.

the electrolyte plate superimposed on drawing 4 , and interconnect — a conductor — it is easier to understand the electrochemistry inverter which is using the plate as the configuration component, and it is illustrated. Generally the structure of an electrochemistry converter component is similar with what is indicated by U.S. Pat. No. 4490445. This equipment 10A contains the converter assembly 20 which consists of two or more pairs of converter components 21 made into the HEYAPIN-like structure which has U typeface bend 22. It makes it possible for this structure to make rigidity high and to make the terminal for gas distribution more convenient single-sided arrangement. The electrical and electric equipment can be supplied to the HEYAPIN structure of the electrochemistry converter which formed and made multiplex parallel connection of the bus rod 23. Although this equipment 10A is constituted so that it may operate efficiently at 800-1200-degree C high temperature, it is about 1000 degrees C the optimal. The heat exchanger assembly 24 gives a heat-conduction baffle between the flowing gas, thick electrochemical cell superposition object 21, i.e., sensing element. In the illustrated example, the flowing reagin gas is heated by the used gas which flows out in the heat exchanger (preferably counterflow mold) which has heat playback (recovery) structure.

Preferably, sensible-heat heat exchange between the flowing gas and the gas flowing out is performed so that the convection-current heat exchange between gas may be equated. For example, although a large number of the waste heat of spent fuel is produced out of equipment as exhaust air, this heat is made to be absorbed by inflow gas. Consequently, the heat of the selected amount required to heat reagin is continuously collected from outflow. For making this heat exchange into max, heat loss of equipment is carried out at min, and the effectiveness of the whole equipment is raised. In the desirable example of this invention, the heat playback structure which used many coaxial tubes 60 as shown in drawing 5 can be used. The inside



tubing 62 conveys a kind of the fuel reagents, for example, a fuel, and the outside tubing 64 lets the exhaust air from the electrochemistry converter assembly 20 pass. Reagent flows into the inlet-port edge of the inside tubing 62 with ambient temperature, and is heated in response to the heat held by exhaust air by the temperature near the operating temperature of the converter assembly 20.

In a desirable example, a heat playback device uses especially the coaxial tube 60 of the pair which conveys the reagent from which each tubing differed to the converter assembly 20. In other examples, reagent is reheated in the direction of a counterflow with exhaust air by using a series of parallel tubing. Furthermore, although the coaxial tube 60 of a pair was used, it is also possible to use tubing of the number of arbitration.

In the desirable example of this invention, a heat playback device may be the countercurrent-heat-exchange machine of the interior arranged at the inlet port of the electrochemistry converter assembly 20, or an external accumulation mold.

In the example shown in drawing 4, heat transfer or the heat exchanger assembly 30 is accumulated with the converter assembly 20. The heat exchanger assembly 30 has the \*\*\*\* manifold 35 which combines the heat transfer component 31 (the activity medium of a basic cycle is carried), and each heat transfer component 31 together. A manifold 35 may be connected to the source of heating which is not illustrated in order to connect with the radiator which is not illustrated for cooling or to transmit it to the converter assembly 20 in response to heat.

Drawing 6 A is the horizontal sectional view of equipment 10A of drawing 4, and illustrates the agglomeration of the converter assembly 20 and the heat transfer assembly 30. Drawing 6 A shows the two-dimensional array of the converter component 21 combined with U typeface curve tubing 22, and the heat transfer component 31 of U typeface.

Drawing 6 B is the enlarged drawing of the heat transfer component 31 of the desirable example of this invention. The heat transfer component 31 has the 2nd tubing 32 which carried out coaxial arrangement. Two tubing 31 and 32 is combined and forms the inside path 33 and the outside path 34. The inside path 33 leads the activity medium from a basic cycle to the converter assembly 22, and the heat irradiated from an assembly there is absorbed by the medium. The activity medium from a basic cycle passes along the inside path 33 first, and as the arrow head of drawing subsequently showed, it passes along the outside path 34. An activity medium goes into the inlet port of the inside path 33 at the 1st temperature of about 20 degrees C first, and while passing through the inside path 33, the radiant heat from a converter assembly heats a medium. therefore, the 2nd temperature at the outlet 36 of the inside path 33 with a medium more expensive enough than the 1st temperature -- it becomes the high temperature of about 500 degrees C preferably.

The closing edge 40 of the heat transfer component 31 flows the outside path 34 to hard flow to the flow in the inside path 33 in an activity medium. While a medium flows the outside path 34, as for the converter assembly 20, a medium is further heated to the 3rd temperature and the desirable temperature near the operating temperature of about 1000 degrees C or the converter assembly 20. This duplex radiated structure reduces the temperature gradient which progresses in the direction of an axis along with an electrochemistry converter component by preventing carrying out that a hot spot occurs for the heat transfer component 31, and uneven cooling arises. In addition, although the heat transfer component of an edge enclosed type was indicated, a heat transfer component may consist of tubing which runs in parallel as shown in drawing 1, and tubing of U typeface.

From the heat emitted from the electrochemistry inverter 10 arranged inside the heat enclosure 41, drawing 7 shows the useful steam common generation system 40 to generating industrial use or a home steam, for example. In this example, a fuel 42 is first supplied to the electrochemistry inverter 10 through a heat exchanger, and, subsequently 43 is similarly supplied for air to an inverter 10 through a heat exchanger. The electrical and electric equipment generated by the inverter 10 is changed into an ac output by the inverter 44. In this joint generation-of-electrical-energy system 40, an inverter generates the electrical and electric equipment at the temperature of about 1000 degrees C according to an exoergic electrochemistry process. This



heat is transmitted to the heat transfer assembly 30 by radiation. In the heat transfer assembly 30, a steam is generated and uptake is carried out to a boiler 46. The used gas of a converter supplies the heat of an addition required since it burns in the heat enclosure 41 interior and a steam 48 is further generated from water 47. or it sends this steam to various processes directly in an application industrially -- or the application for example, the object for dwellings, or for commerce -- can be and it can be used.

Drawing 8 shows the system which accumulated that of the electrochemistry inverter heat source 100, a steam, or a gas turbine 120 with radiant heat association or a radiant heat accumulation (RTI) technique. A heat source 100 contains the electrochemistry converter assembly 20, the heat exchange assembly 24, and the heat transfer component 31. The heat transfer component 31 is directly emitted to the basic equipment which contains a turbine 120 for heat. According to the desirable example of this invention, the heating value supplied to the fuel cell reagin 17, i.e., a fuel, and air 19 is transmitted through a heat exchanger 24. A RTI technique requires that a fuel cell 20, i.e., a converter assembly, should act as a constant-temperature radiation heating element which supplies heat to two separate flow loop formations. Typical related RAMETA is as follows. :  $M_{fc}$  : Mass flow rate of a fuel loop formation.

$\Delta T_{fc}$  : the temperature gradient permitted by the fuel cell superposition object is maintained. Flow rate of supplement air required to carry out.

$\Delta T_{Ta}$  : flow rate of the activity medium for a basic cycle.

$\Delta T_{Tc}$  : Temperature rise of the reagin of a fuel loop formation.

$\Delta T_{Ta}$  : Fuel cell which is needed in specific accumulation Temperature rise of the supplement airstream which cools a superposition object.

$\Delta T_{Tc}$  : Temperature rise of the activity medium for a basic cycle.

$Q_{fc}$  in order to use it by :basic cycle -- fuel cell from -- heating value supplied.

$Q_c$  : heating value collected by the basic cycle.

As mentioned above, the fuel cell loop formation which is one loop formation performs fuel cell actuation with processing of reagin, and heat release. By using the playback heat exchange between inflow discharge steam as mentioned above, a fuel cell loop formation keeps temperature-gradient  $\Delta T_{fc}$  of a fuel cell loop formation as small as possible. if it says more concretely -- the playback without a heat exchanger 24 come out of and produced -- like a heat process, the heat input used for heating fuel cell reagin is collected the optimal, and the heat collected (playback) is given to the flowing reagins 17 and 19. This duplex operation is flowing heating of reagin and cooling of exhaust streams 18 and 11. since a system collects the waste heat under exhaust air -- high -- an efficiency system can be constituted.

From the converter component 21, other flow loop formations isolated physically can be optimized according to the need for waste heat removal, and thermodynamic consideration of a basic cycle including the heat transfer component 31, including the activity medium to a steam or a gas turbine basic cycle. The mass flow rate ( $M_c$ ) of working fluid is adjusted to the level which can absorb the radiation waste heat from a fuel cell superposition object, and attains desirable large temperature rise  $\Delta T_{Tc}$  from the field of thermodynamic cycle effectiveness. In addition, according to the double path structure of the heat transfer component 31, the amount of the waste heat absorbed by the activity medium becomes max, and, thereby, increases the effectiveness of a system. Since this radiant heat accumulation (RTI) method does not need an external heat exchanger in a join end and the middle for high system efficiency, a small system is offered (refer to drawing 9 ), and \*\*\*\*\* is really offered for accumulation with the equipment of the basic cycle by gas or the steam.

The heat transfer component 31 approaches the thermodynamics equipment 120 of a basic cycle, is arranged, and emits the heat from a heat transfer component to a steam turbine through the working fluid in the heat transfer component 31.

The heat efficiently collected by heat reconstructive processing within the heat exchanger assembly 24 supplies the system heat of the addition which should be removed by the heat transfer component. According to the desirable example of this invention, the heat from the fuel cell superposition object 20 is transmitted to the complicated heat transfer component 31 by radiation. Similarly, the activity medium in the heat transfer component 31 makes max the

amount of the waste heat by which uptake is carried out, and, subsequently to the equipment 120 of a basic cycle, sends this. Since uptake of the larger heat is carried out and it is used for a generation of electrical energy, the whole system is efficient.

This accumulation (RTI) method makes it possible to remove the intermediate heat exchanger which combines the converter assembly 20 from the whole system to the basic plant 120 typically. If intermediate heat exchanger is omissible, the degree of freedom of a design will increase and, as for transducer assembly 10A, the turbine equipment 120 of a basic cycle can make it independent.

In contrast with the above-mentioned accumulation (RTI) technique of high efficiency, the convection-heat accumulation method used for hybrid system accumulation in body surface is used in the conventional system.

Drawing 9 is this schematic drawing of a steam or a gas turbine, and the accumulated fuel cell (converter assembly) 20 by performing convection-heat association to an activity medium via an external heat exchanger.

In this case, the heat recovery for a basic cycle is attained by the convective heat transfer from intermediate heat exchanger 105. Typically, it is necessary to add the supplement cooling air style Ma to the fuel cell reagin style Mfc. This flow collects waste energy as a union style of the fuel cell reagin style Mfc and the supplement cooling air style Ma, controls the temperature of a fuel cell, and suppresses it on proper level. If it is in this convection-current method, before supplement airstream goes into a fuel cell first, it is necessary to heat it to the temperature near the operating temperature of a fuel cell. Otherwise, degradation of the structure of the fuel cell of an inverter 10 arises.

The temperature rise ( $\Delta T_{fc}$ ) by which the gas stream which flows a fuel cell superposition object is permitted is mainly restricted by the consideration to the heat gradient of a fuel cell superposition object. At the outlet of a fuel cell, flow is by cooling, carrying out heat playback for the purpose of preservation of energy. after playback is attained, gas makes a temperature rise ( $\Delta T_{fc}$ ) possible to the activity medium in middle heat exchange (Mc) -- a heat source -- \*\* When the dimension relevant to the design of the intermediate heat exchanger for which it asks, economical efficiency, and a temperature gradient are taken into consideration, the realizable temperature rise ( $\Delta T_c$ ) of an activity medium is farther [ than the temperature rise of the activity medium in an accumulation (RTI) method ] small. This will limit the overall system efficiency of a basic cycle.

In respect of current density and fuel use, the high temperature fuel cell used for the converter assembly 20 of drawing 9 makes possible 45 – 50% of effectiveness, when a practical use target chooses operating range.

With the hybrid system which uses a RTI method as shown in drawing 8 , the high temperature fuel cell combined with the steam or the gas turbine shows 14 – 16% of additional improvement as compared with the case of being independent, and shows 61 – 64% of system efficiency as a whole with it. It is that cause that the improvement in this effectiveness can collect effectively the waste heat from the high temperature fuel cell superposition object used with the equipment (typical effectiveness is 29%) of an available basic cycle. since it is alike and suitable to use power [ having manufactured to the system of a basic cycle ] plant equipment, integration is simplified and the ambiguity relevant to an efficient plan decreases. Furthermore, the balance of the plant actuation by this invention makes unnecessary intermediate heat exchanger or the auxiliary system of heat recovery as the following for a radiant heat accumulation (RTI) method. On the other hand, if it is used in order that a convection-heat accumulation method may accumulate a fuel cell with a steam basic cycle, effectiveness will be 51 – 54% and will be low about 7 to 13% as compared with a radiant heat accumulation method (RTI). In case this performance degradation mainly collects heat from a converter superposition object, it is based on the limit imposed by the convection-heat accumulation method. And as already stated, an indirect heat exchanger needs excessive costs for a system.

A lot of conventional replenisher object refrigerants to heat control or the conventional superfluous refrigerant style of a fuel cell was fed to the electrochemistry converter assembly 20. Since such a lot of fluids need to heat to near the electrolytic operating temperature and the

whole assembly 20 must be made to circulate through them in order to reduce thermal stress, the auxiliary system for supplement refrigerant processing of dedication is usually used. This auxiliary system is shown in drawing 9 as intermediate heat exchanger 105, and contains the equipment for playback-heating of a supplement refrigerant, pump delivery, and processing. This type of auxiliary system increases the costs of the whole energy system. Furthermore, in order to process a lot of anaplerotic reaction object which is 10 or more times of the amount of the reagin usually used with the converter assembly 20, a large-sized and complicated auxiliary system is used. On the other hand, since the supplement refrigerant style for removing the waste heat from a converter assembly in this invention does not use it, it is not necessary to use the auxiliary system of dedication.

---

[Translation done.]



(11)特許出願公表番号

特表平8-505491

(43)公表日 平成8年(1996)6月11日

(51)Int.Cl. <sup>°</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I
H 0 1 M 8/04	J	9444-4K	
	N	9444-4K	

審查請求 未請求 予備審查請求 有 (全 28 頁)

(21)出願番号	特願平6-513348
(86) (22)出願日	平成5年(1993)11月24日
(85)翻訳文提出日	平成7年(1995)5月23日
(86)国際出願番号	PCT/US93/11409
(87)国際公開番号	WO94/13026
(87)国際公開日	平成6年(1994)6月9日
(31)優先権主張番号	07/981, 200
(32)優先日	1992年11月25日
(33)優先権主張国	米国(US)
(81)指定国	EP(AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), AU, CA, JP, KR, RU

(71)出願人 スー, マイケル エス.  
アメリカ合衆国 01773 マサチューセツ  
ツ, リンカン, ラウンド ヒル ロード  
(番地なし)

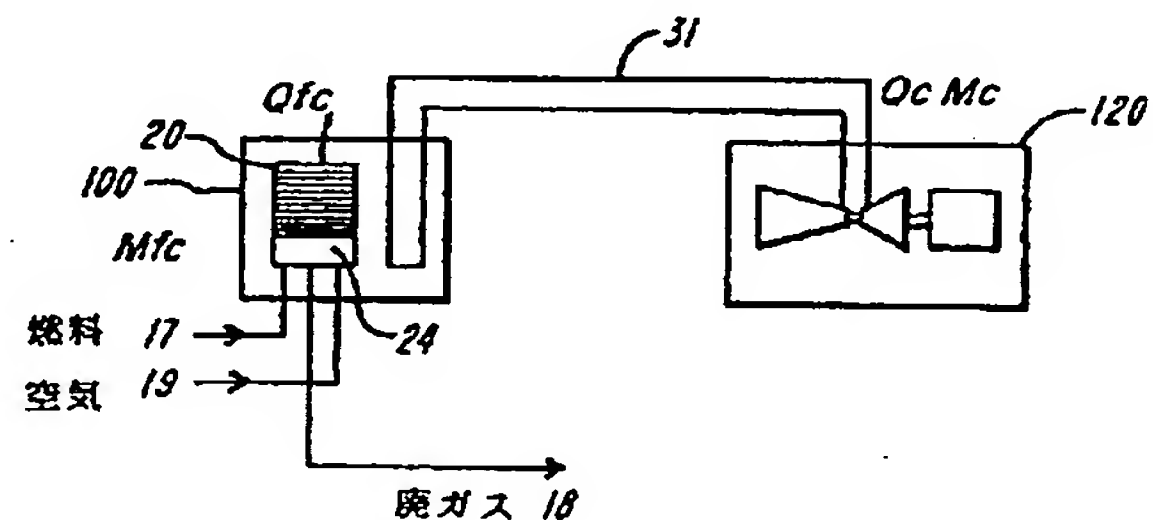
(72)発明者 スー, マイケル エス.  
アメリカ合衆国 01773 マサチューセツ  
ツ, リンカン, ラウンド ヒル ロード  
(番地なし)

(74)代理人 弁理士 倉内 基弘 (外1名)

(54)【発明の名称】 高温電気化学変換器における再生熱及び放射熱の集積

(57) 【要約】

高温電気化学変換装置は廃気流を利用して再生熱を電気化学変換器反応体と与えて動作温度にする。更に、放射熱集積構造により電気化学変換器組立体20から基礎プラントへエネルギーを伝達し、それにより融通性のある効率的な設計を可能にする。また燃料電池としての動作モードでは燃料電池反応からの廃熱を回収してそれをガス又は水蒸気タービン等の基礎熱力学プラントと与える。放射熱集積は電気化学変換器組立体を構成する柱状体の外表面と内部に作業媒質を収容している熱伝達素子組立体の間に熱放射による熱交換を行うように構成することで達成される。



**FIG. 8**

## 【特許請求の範囲】

1. 複数の変換器素子を有する電気化学変換器組立体と、前記変換器組立体に反応体を供給するための反応体供給手段と、前記変換器組立体から排気するための排気手段と、前記変換器組立体から電気を抽出するための電気抽出手段と、供給される前記反応体を所定の動作温度に加熱するとともに前記排気を同時に冷却して前記反応体と排気との間で熱伝達を行う再生式熱交換手段と、前記電気化学変換器素子の間に接触しないで配置され且つ作業媒質の輸送を行う複数の熱交換素子であって、前記変換器素子から放射により廃熱を除去するようになっている集積された熱伝達組立体とよりなり、以て前記電気化学変換器素子を流れる補充の冷却流の必要性を実質的に減じた電気化学変換装置。

2. 更に前記集積熱伝達組立体に結合された基礎熱力学プラントを更に含み、前記作業媒質中の過剰の熱を電気に変換するようにした請求項1の電気化学変換装置。

3. 前記再生式熱交換手段は前記供給される反応体を前記電気化学的変換器組立体の温度近傍に加熱するものである請求項1の電気化学変換装置。

4. 前記再生式熱交換手段は内部に集積された熱交換器である請求項1の電気化学変換装置。

5. 内部に集積された熱交換器は向流熱交換器であ

る請求項4の電気化学変換装置。

6. 向流熱交換器は第1管と、第2管とを含み、第1管と第2管は実質的に互いに平行である請求項5の電気化学変換装置。

7. 向流熱交換器は同軸の第1管と第2管とを含む請求項5の電気化学変換装置。

8. 再生式熱交換手段は外部に集積された熱交換器である請求項3の電気化学変換装置。

9. 外部に集積された熱交換器は向流熱交換器である請求項8の電気化学変換装置。

10. 向流熱交換器は第1管と、第2管とを含み、第1管と第2管は実質的に

互いに平行である請求項9の電気化学変換装置。

11. 向流熱交換器は同軸の第1管と第2管とを含む請求項9の電気化学変換装置。

12. 基礎熱力学プラントはガスタービン及び水蒸気タービンの一つである請求項2の電気化学変換装置。

13. 熱伝達素子は第1管と第2管を含み、第1管と第2管は互いに平行である請求項1の電気化学変換装置。

14. 熱伝達素子は同軸の第1管と第2管とを含む請求項1の電気化学変換装置。

15. 熱伝達素子の外側管は第1端部と閉鎖した第2端部を有する請求項14の電気化学変換装置。

16. 作業媒質はガス、水蒸気、及び水の少なくとも

1種からなる請求項1の電気化学変換装置。

17. 電気化学変換器組立体及び前記プラントは独立に加圧されるものである請求項1の電気化学変換装置。



**【発明の詳細な説明】****高温電気化学変換器における再生熱及び  
放射熱の集積****発明の背景**

本発明は高温電気化学変換器に関し、特にかかる変換器を使用する高性能システムとその使用方法に関する。

電気化学変換器は燃料電池（発電器）モードにおいては燃料－電気エネルギー変換器であり、電気分解装置（燃料合成器）モードにおいては電気エネルギー－燃料変換器である。変換器は電気化学反応における自由エネルギーとエンタルピーの間の関係のみに依存して高能率動作を行うもので、カルノーサイクルに限定されない。

電気化学エネルギー変換器の重要な素子は電極が配置される一連の電解質ユニット並びに直列電気接続を行うために電解質ユニットの間に配置される一連の相互接続導体である。各電解質ユニットは低いイオン抵抗を有するイオン導体であり、そのためイオン種は変換器の動作条件下に一つの電極－電解質界面から反対側の電極－電解質界面に輸送される種々の電解質が使用可能であり、例えば、マグネシア、カルシア、イットリア等の化合物で安定化したジルコニアは高温（典型的には約1000℃）で動作する時にこれらの必要条件を満足する。電解質材料は電流を運ぶために酸素イオンを利用す

る。電解質は変換器の短絡を起こす可能性のある電子に対しては導電性を有してはならない。一方、相互接続導体は良好な電子導体でなければならない。反応ガス、電極及び電解質の相互作用は電解質界面で起こるが、そのためには電極が十分に多孔質であって反応ガス種が流入でき且つ生成種が流出できる必要がある。

電解質及び相互接続導体の各素子を自立性の板から製作する試みは本発明者により1984年12月25日発行の米国特許第4490445号に記載されている。しかし、電解質板と相互接続導体板の重畳体は使用中に熱的非平衡を経験する。従って、電解質素子へのまたそれらからの熱の伝達を容易にすることにより変換器全体を横切る熱勾配を少なくすることが重要である。

電気化学変換器が燃料電池モードで燃料-電気変換を行う場合には、熱の形の廃エネルギーは電解質表面から除去されなければならない。逆に、変換器が電気分解器モードで電気-燃料変換を行う場合には、電解質はその反応を維持するために熱の供給を受けなければならない。従来の装置では熱交換は主として気体状の反応体が装置内を移動する際の対流による熱伝達能力により達成された。このような反応体の熱伝達能力への依存は、装置内に必然的に熱勾配を生じ、その結果電気化学プロセスは最適にならない。

この問題を改善するために、電気化学変換器に一連の熱伝達素子を集積する試みが本発明者により1989年

8月1日発行の米国特許第4853100号により提案されている。この型の集積型装置は変換器を横切る熱勾配を減じることにより燃料電池の重畳体からの熱伝達を容易にする。しかし、それでも充分ではなくて、電気化学エネルギー装置内部の熱制御機構の更なる改善が必要である。特に、電気化学エネルギー装置内の動作温度を能率的に制御する能力を有する改善された電気化学装置が提供できたら産業界における大きな向上となる。

#### 発明の要約

電気化学エネルギー装置における高度に有効な熱制御は、柱状の電気化学変換器素子と熱伝達素子を塊状(bulk)に集積することにより達成することができる。熱伝達素子は柱状変換器素子の間に配置されて集積化した柱状配列体を形成する。放射による熱伝達は柱状変換器素子と熱伝達素子との間の熱交換を行う。

装置の集積性と融通性と効率は燃料電池の設計及び構成における重要な因子である。燃料電池装置を基礎プラント例えばスチームまたはガスタービンと合体するためには数種の方法が可能である。本発明の一つの特徴によると、内部マニホールド(集管部)を備えた平面状配置の円筒重畳体は動力装置との能率的な熱的集積を可能にする。これは、放射熱集積(RTI)を使用する内部熱交換の場合に特にそうである。

より具体的に言うと、電気化学変換器に流入する反応体は所定の動作温度に加

熱された後、燃料電池重畳体を

流通する。流出する排気は高い出口温度に熱せられている。次いで排気は流入する反応体が流通している熱交換器を通る。このため、排気から流入する気体状反応体に伝導により熱が伝達する。排気から流入する反応体への熱伝達の量は吸収される熱の量に等しく、熱平衡が形成される。更に、柱状重畳体から、それらに対して入り組んで集積されている基礎サイクルのための作業媒質を収容している熱伝達素子への能率的な放射熱伝達、例えば内部熱交換が行われる。その後、作業媒体は熱交換素子から熱を除去し、それを基礎プラントを駆動するために基礎サイクルに運ぶ。高温燃料電池重畳体は10～25kW容量の柱状組み立てブロックの形のモジュールを形成するように包装できる。これらのモジュールはMWレベルの用途に適するように並列の束に集積することにより規模を拡大することができる。

この装置の電気化学変換素子は変換効率を最適化するように設計された薄い構造素子から製作することができる。好ましくは、電解質の薄板及び相互接続導体の薄板を使用する。本発明者の米国特許出願第4721556号に詳細に記載されているようにプラズマスプレイ技術により真直ぐで自立性（自己保形性）の電解質薄板を製作できる。別法として、後で詳しく説明するウェーハ処理技術を使用して電解質板を製作しても良い。

反応体の分配通路を与える波形形状を有する相互接続導体板を使用して変換器重畳体の他の素子を構成するこ

とができる。これらの板は重量と費用を最小にするように製造することが好ましい。相互接続導体の材料は、製造の容易性、高温度における高強度及び耐薬品性の要件を満足することが好ましい。約100～500 $\mu$ mの合金シートが適当なことが分かった。適当な合金はニッケル合金、ニッケルクロム合金、ニッケルクロム-鉄合金、鉄-クロム-アルミニウム合金及びこれらの合金とアルミナ及びジルコニアのような耐火物のサーメットである。

金属合金を使用する場合には、相互接続導体の高温の酸化性の環境下における電



氣的な連続性を確保するためには、金、銀または白金の薄い被覆（例えば約10  $\mu\text{m}$ 以下）を接点上に施すことが好ましい。高温耐久試験はこれらの接点材が安定性と耐久性を有することを示した。相互接続導体板の波形形状を形成するには打ち抜きまたは蒸着技術を使用することができる。

電気化学変換器の重畳体は変換器素子に対してU字形接続を有するヘアピン状構造体を形成することによりより良好な構造的剛性を達成でき、またガスマニホールド並びに電気接続のためのより便利な片側端子を形成することができる。バス（母線）棒を設けて多重平行接続した電気化学変換器のヘアピン構造体に電気を供給することができる。向流型熱交換器を熱伝導バッファとして使用し、また向流方向に流入するガスの余熱を行うことができる。

ここに記載したエネルギー変換装置は、他の熱力学的方法と関連させて発電するように各種の装置の中で使用することができる。一つの例示した実施例ではこの燃料電池は工業用のスチームボイラー内で、共同発電システムとして使用される。

本発明の熱伝達素子は著しく高い熱輸送能力を有するように構成された熱パイプまたは他の管状構造体の形をし得る。このような管状構造体は作業媒質を輸送するのに適した構造を有し、内部通路と外部通路を有し、外部通路が端部で閉じており、作業流体が内部通路をその開放端に向けて流れ、次いで外部通路を通じて逆に流れるように（或いはこの逆）、同軸二重管構造にすることができる。

本発明は以下に若干の実施例に関連して説明するが、本発明の範囲内で種々の変形、修正が可能なことは当業者には明らかであろう。例えば、変換器素子及び熱伝達素子には種々の形状で塊状の（bulk）集積を可能にすることができる。更に、変換器素子及び熱伝達素子は円柱形状であるものを例示したが、これらの素子は種々の形態を取り得る。また、良好なイオン輸送特性を有する他の材料を、ジルコニアの代わりに使用して電解質板を形成しても良いし、又相互接続導体板は連続し突条或いは不連続な突起を有してもよい。

#### 図面の簡単な説明

図1は本発明による柱状電気化学変換器素子及び熱伝

達素子を使用する電気化学変換装置の斜視図である。

図2は図1の個々の電気変換器素子の電解質素子及び相互接続導体素子の拡大図である。

図3は図2の電気変換器素子の電解質素子及び相互接続導体素子の拡大斜視図である。

図4は本発明による電気化学変換装置の斜視図である。

図5は本発明による再生式加熱法を使用した向流熱交換器の斜視図である。

図6Aは図4の断面図で、変換器素子と熱伝達素子の高密度集積を示す。

図6Bは本発明による図1の熱伝達素子の破断斜視図であり、作業流体の流れを示す。

図7は本発明の電気化学変換装置を合体した共同発電への用途を例示する。

図8はタービン作業媒質と放射熱結合することによりガスタービンまたはスチームと集積した電気化学変換装置の概念図である。

図9は外部の間接熱交換器を介して作業媒質と対流熱結合することによりガスタービンまたはスチームと集積した電気化学変換装置の概念図である。

#### 発明の詳細な説明

図1において、本発明による電気変換装置10は、電気化学変換器組立体20と熱伝達ないし熱交換器組立体30よりなる。変換器組立体20は複数のU字形湾曲結

合体22により結合された複数の柱状変換器素子21よりなる。柱状変換器素子21は交互に配置した電解質板1と相互接続導体板2とから構成される。板1、2に形成された貫通穴は燃料ガスと酸化剤ガスに対する通路を提供する。相互接続導体板2の溝はガスの分配及び収集を容易にする。

熱伝達ないし熱交換器組立体30は、複数の熱伝達素子31よりなり、変換器素子21から熱エネルギーを除去し、或いはこれに熱エネルギーを供給することを容易にする。変換器素子21と熱伝達素子31の塊状又は高密度(bulk)集積は素子21と31とを以下に説明するように互いに入り組ませて配列することにより達成される。素子21と31の間の熱伝達は主として熱放射による。放

射熱結合は高い熱束を可能にすると共に、機械的な離間を可能にするので、設計上の制約や熱伝達素子の素材の選択に対する制限を緩和する。加えて、高密度集積における配列パターンは電気化学変換器素子の間に良好な均一温度を与え、それにより装置に最適な特性を与える。

熱放散動作中には、水、蒸気、またはガスを素子31の通路に通すことができる。変換器素子21からの熱伝達素子31への熱伝達は、主として熱放射による。変換器素子重畳体すなわち変換器組立体20の温度は、変換器素子21の外表面の面積と熱抽出手段として作用する熱伝達素子31の外表面の比を適正に選択することによ

り最適に調整することができる。

この放射結合による冷却の効果は次の通りである。

(1) 電気化学変換器組立体(燃料電池組立体)と冷媒回路が独立に構成されるので別々に保守できる。(2) 反応体流の必要量が冷却ではなくて燃料電池の性能のみにより決定できる。(3) 水蒸気は直接発生されるので、温度はボイラー中の圧力設定を変えることにより容易に選択できる。(4) 放射熱による熱伝達は電池重畳体全体にわたる均一な温度分布の維持を可能にする。各種の応用において、熱伝達流体は水、飽和水蒸気、加熱水蒸気、ガスまたは各種の2相流体が使用できる。

図2～3には電気化学変換器素子、つまり電池が示されており、この電池は単一電解質板1と、単一相互接続板2とよりなる。一実施例においては、電解質板1は安定化ジルコニア $ZrO_2(Y_2O_3)$ 材3と、その面に塗布された多孔質酸化剤電極4と、多孔質燃料電極5とから構成されている。酸化剤電極の例には $LaMnO_3(Sr)$ のようなプロブスカイトがある。燃料電極の好ましい材料には $ZrO_2/Ni$ のようなサーメットがある。相互接続導体板2は好ましくはインコネル、ニッケル合金または白金合金のような金属、或いは炭化珪素のような非金属導電体から製作することが好ましい。相互接続板2は隣接した電解質板の間の導電体として作用し、また燃料と酸化剤ガスの間の隔壁として役立つと共に、電極表面4、5に沿った板1、2の外縁に至る熱伝



導路を形成する。

燃料は電池重畳体の軸線方向（重畳の方向）のマニホールド17から孔13を通して流入し、燃料生成物は孔14を通過してマニホールド18に排出される。燃料は相互接続導体板2の表面に形成された面内溝ネットワーク6として示された通路手段を通して燃料電極5の表面全体に分配される。うね状部7に作られた切れ目8は各燃料電極5の表面の孔13と14を連結する溝ネットワーク6への開口部を形成している。酸化剤はマニホールド19から孔15を経て電池重畳体の内部に供給され、その生成物は孔16を経てマニホールド11へ排出される。酸化剤は導体板2の底面に形成された相補的な形の面内溝ネットワーク9を通して次の電解質板の酸化剤電極の全体に分配される。上記隣接する電池の下面の同様な溝ネットワークは図3に示された図3に示されたように電解質板1に沿った酸化剤の通路を提供する。相互接続導体2の溝ネットワーク6、9の外側のうね状部は電解質板1と接触して重畳体の気密外壁を形成する。うね状部7は組立体中で電極に対して押しつけられて電氣的な接触を行う。重畳体は図示しない締着棒により結合し或いは密封できる。

本発明に関連した装置はガス状燃料を変換器に供給することにより燃料電池（発電器）として使用できるし、逆に電気を供給すると電気分解器（燃料合成器）として使用できる。

本発明の薄型電解質板は、本発明者による米国特許第4629537号に記載されている高エネルギープラズマスプレイ技術により製造できる。別法として、電解質板は電解質材料の塊からスライスして製造することもできる。例えば、固形酸化物（例えばイットリアをドーピングしたジルコニア）の高密度円筒ブロックはスリップ成形とそれに続く徐焼成により寸法安定な歪みのないブロックを製造できる。次にブロックを精密にスライスすることにより薄い電解質板すなわち膜が得られる。

電解質板の製造には固体酸化物の代わりに他の材料を使用することも可能である。このような材料には固体陰イオン導体及び固体プロトン導体がある。更に、他の酸素イオン輸送材料、例えば固形支持体の上に熔融炭酸塩のような他の酸素

イオン輸送材料も電解質板に使用できる。これらの材料は特に低動作温度（例えば約500℃～約850℃）が望まれる場合に有用である。更に、本発明の薄い相互接続導体板としては各種の導電材料が使用できる。適当な相互接続材料にはニッケル合金、ニッケルクロム合金、ニッケルクロム鉄合金、鉄クロムアルミニウム合金、白金合金、これらの合金のサーメット、及びジルコニア、アルミナ等の耐火物、炭化珪素、及びモリブデンジシリサイド等がある。

相互接続導体の波型の上面及び低面模様は例えば金属合金シートを一組以上の整列した雄型及び雌型の間でプレスすることにより得ることができる。金型は製品の所

望の形態に従ってあらかじめ製作し、熱処理により焼き入れして大量生産における反復圧縮に耐えるようにする。

図4には重畳した電解質板と相互接続導体板とをその構成素子としている電気化学変換装置がより理解し易く例示されている。一般に電気化学変換器素子の構造は米国特許第4490445号に記載されているものと類似している。同装置10AはU字形湾曲部22を有するヘヤピン状構造体とした複数対の変換器素子21よりなる変換器組立体20を含む。この構造は剛性を高くし、またガス分配のための端子をより便利な片側配置にすることを可能にする。バス棒23を設けて多重平行接続した電気化学変換器のヘヤピン構造体に電気を供給することができる。この装置10Aは800～1200℃の高温で能率的に動作するように構成されているが、最適には約1000℃である。熱交換器組立体24は厚い電気化学電池重畳体すなわち変換素子21と流入するガスとの間に熱伝導バッフルを与える。例示した実施例においては、流入する反応体ガスは熱再生（回収）構造を有する熱交換器（好ましくは向流型）中で流出する使用済ガスにより加熱される。

好ましくは、流入するガスと流出するガスの間の顕熱熱交換はガス間の対流熱交換が均等化されるように行う。例えば、使用済燃料の廃熱は排気として装置外に輩出されるが、この熱は流入ガスにより吸収されるように

する。その結果、反応体を加熱するのに必要な選択された量の熱が排出流から連続的に回収される。この熱交換を最大にするには装置の熱損失を最小にし、装置全体の効率を向上させる。本発明の好ましい実施例では、図5に示したように同軸管60を多数使用した熱再生構造を使用することができる。内側管62は燃料反応体の内の一種、例えば燃料を輸送し、外側管64は電気化学変換器組立体20からの排気を通す。反応体は周囲温度で内側管62の入口端部に流入し、排気に保有された熱を受けて変換器組立体20の動作温度に近い温度に加熱される。特に好ましい実施例においては、熱再生機構は各管が異なった反応体を変換器組立体20に輸送する一対の同軸管60を使用する。他の例では、一連の平行管を使用することにより反応体を排気により向流方向に再加熱する。更に、一対の同軸管60を使用したか、任意数の管を使用することも可能である。

本発明の好ましい実施例では、熱再生機構は電気化学変換器組立体20の入口に配置された内部または外部集積型の向流熱交換器であり得る。

図4に示した実施例では、熱伝達または熱交換器組立体30は変換器組立体20と集積されている。熱交換器組立体30は熱伝達素子31（基礎サイクルの作業媒質を運ぶ）と、各熱伝達素子31と一緒に結合する集管マニホールド35を有する。マニホールド35は冷却のために図示しない放熱器に接続されても良いし、或いは熱を受

けてそれを変換器組立体20に伝達するために図示しない加熱源に接続されても良い。

図6Aは図4の装置10Aの水平断面図であり、変換器組立体20及び熱伝達組立体30の塊状集積を例示する。図6AはU字形湾曲管22で結合された変換器素子21とU字形の熱伝達素子31の二次元配列を示している。

図6Bは本発明の好ましい実施例の熱伝達素子31の拡大図である。熱伝達素子31は同軸配置した第2の管32を有する。2つの管31及び32は組み合わせて内側通路33と外側通路32を形成する。内側通路33は基礎サイクルからの作業媒質を変換器組立体22へ導き、そこで組立体から照射される熱は媒質に吸収される。基礎サイクルからの作業媒体はまず内側通路33を通り、次いで図

の矢印で示したように外側通路34を通る。作業媒質は最初に内側通路33の入口に約20℃の第1の温度で入り、内側通路33を通過する間に変換器組立体からの放射熱は媒質を加熱する。従って、媒質は内側通路33の出口36で第1の温度よりも十分に高い第2の温度、好ましくは約500℃の高い温度になる。

熱伝達素子31の閉鎖端部40は作業媒質を内側通路33内流れに対して逆方向に外側通路34を流れる。媒質が外側通路34を流れる間に、変換器組立体20は更に媒質を第3の温度、好ましくは約1000℃、または変換器組立体20の動作温度に近い温度に加熱する。こ

の二重放射構造は、熱伝達素子31に熱点が発生して不均一な冷却が生じるのを防止することにより、電気化学変換器素子に沿って軸線方向に発達する温度勾配を減じる。なお、端部閉鎖型の熱伝達素子を記載したが、熱伝達素子は図1に示したように平行に走る管とU字形の管とで構成されても良い。

図7は熱囲壁41の内部に配置した電気化学変換装置10から放出される熱から、例えば工業用または家庭用水蒸気を発生させるのに有用な水蒸気共同発生システム40を示す。この例では、燃料42はまず熱交換器を介して電気化学変換装置10に供給され、次いで空気が43が同様に熱交換器を介して変換装置10に供給される。変換装置10により発生された電気はインバータ44により交流出力に変換される。この共同発電システム40では、変換装置は発熱電気化学プロセスにより約1000℃の温度で電気を発生する。この熱は放射により熱伝達組立体30に伝達される。熱伝達組立体30では水蒸気が発生し、ボイラー46に捕集される。変換器からの使用済みのガスは熱囲壁41内部で燃焼されて水47から水蒸気48を更に発生するために必要な追加の熱を供給する。この水蒸気は工業的に用途において種々のプロセスに直接送るか、或いは例えば住居用または商業用の用途において使用できる。

図8は電気化学変換装置熱源100と水蒸気またはガスタービン120のとを放射熱結合または放射熱集積

(RTI) 技術により集積したシステムを示す。熱源100は電気化学変換器組



立体20と、熱交換組立体24と、熱伝達素子31を含む。熱伝達素子31は熱をタービン120を含む基礎装置に直接放射する。本発明の好ましい例によると、燃料電池反応体すなわち燃料17と空気19へ供給する熱量は熱交換器24を介して伝達される。RTI技術は燃料電池すなわち変換器組立体20が2つの別々の流れループに熱を供給する一定温度放射加熱素子として作用することを要求する。

関係する代表的なラメータは次の通りである：

- Mfc : 燃料ループの質量流量。
- Ma : 燃料電池重畳体に許容される温度勾配を維持するのに必要な補充空気の流量。
- Mc : 基礎サイクルのための作業媒質の流量。
- $\Delta T_{fc}$  : 燃料ループの反応体の温度上昇。
- $\Delta T_a$  : 特定の集積の場合に必要とされる、燃料電池重畳体を冷却する補充空気流の温度上昇。
- $\Delta T_c$  : 基礎サイクルのための作業媒質の温度上昇。
- $Q_{fc}$  : 基礎サイクルにより使用するために燃料電池から供給される熱量。
- $Q_c$  : 基礎サイクルにより回収される熱量。

上記のように、一つのループである燃料電池ループは反応体の処理と、熱発生と、燃料電池動作を行う。燃料電池ループは上記のように流入排出スチームの間の再生熱交換を利用することにより、燃料電池ループの温度差

$\Delta T_{fc}$ をできるだけ小さく保つ。より具体的に言うと、熱交換器24ないで生じる再生熱工程は燃料電池反応体を加熱するのに使用した熱入力を最適に回収し、その回収（再生）した熱を流入する反応体17、19に与える。この二重作用は流入する反応体の加熱と排気流18、11の冷却である。システムは排気中の廃熱を回収するので高能率なシステムが構成できる。

熱伝達素子31を含み変換器素子21からは物理的に隔離されている他の流れループは、水蒸気またはガスタービン基礎サイクルに対する作業媒質を含み、ま

た廃熱除去の必要性和基礎サイクルの熱力学的考慮に従って最適化できる。作業流体の質量流量 ( $M_c$ ) は燃料電池重畳体からの放射廃熱を吸収できるレベルに調整されて熱力学サイクル効率の面から好ましい大きい温度上昇  $\Delta T_c$  を達成する。これに加えて、熱伝達素子 31 の 2 重通路構造により、作業媒質により吸収される廃熱の量は最大になり、それによりシステムの効率を増大する。この放射熱集積 (RTI) 方式は高いシステム効率を結果し、中間に外部熱交換器を必要としないために小型のシステムを提供し (図 9 参照)、ガスまたは水蒸気による基礎サイクルの装置との集積のために一体設計にを提供する。

熱伝達素子 31 は基礎サイクルの熱力学装置 120 に近接して配置されて、熱伝達素子からの熱を、熱伝達素子 31 内の作業流体を経て水蒸気タービンに放射する。

熱交換器組立体 24 内での熱再生プロセスで能率的に回収される熱は、熱伝達素子により除去されるべき追加のシステム熱を供給する。本発明の好ましい実施例によると、燃料電池重畳体 20 からの熱は入り組んでいる熱伝達素子 31 に放射で伝達される。同様に、熱伝達素子 31 内の作業媒質は捕集される廃熱の量を最大にし、次いでこれを基礎サイクルの装置 120 に送る。より大きい熱が捕集されて発電に使用されるので、全体のシステムは高効率である。

この集積 (RTI) 方式は全体のシステムから典型的には基礎プラント 120 へ変換器組立体 20 を結合する中間熱交換器を取り除くことを可能にする。中間熱交換器が省略できれば、設計の自由度が増して変換器組立体 10A を基礎サイクルのタービン装置 120 とは独立にできる。

上記の高効率の集積 (RTI) 技術とは対照的に、従来のシステムでは体系的にはハイブリッドシステム集積に使用される対流熱集積方式を使用している。図 9 は外部熱交換器を経由して作業媒質に対流熱結合を行うことにより水蒸気またはガスタービンと集積された燃料電池 (変換器組立体) 20 の該略図である。この場合、基礎サイクルのための熱回収は中間熱交換器 105 からの対流熱伝達により達成される。典型的には、補充冷却空気流  $M_a$  は燃料電池反応体流  $M_{fc}$  へ添加する必要がある。この流れは燃料電池反応体流  $M_{fc}$  と補充冷却空気

流 $M_a$ の合併流として廃エネルギーを回収し、燃料電池の温度を抑制して適正なレベルに抑える。この対流方式にあっては、補充空気流はまず燃料電池に入る前に燃料電池の動作温度に近い温度まで熱する必要がある。さもないと変換装置10の燃料電池の構造の劣化が生じる。

燃料電池重畳体を流れるガス流の許容される温度上昇( $\Delta T_{fc}$ )は主として燃料電池重畳体の熱勾配への考慮により制限される。燃料電池の出口では、流れはエネルギーの保存の目的で熱再生しながら冷却でいる。再生が達成された後は、ガスは中間熱交換内の作業媒質( $M_c$ )に対して温度上昇( $\Delta T_{fc}$ )を可能にする熱源なる。所望される中間熱交換器の設計に関連した寸法、経済性、及び温度差を考慮すると、実現できる作業媒質の温度上昇( $\Delta T_c$ )は集積(RTI)方式における作業媒質の温度上昇よりはるかに小さい。これは基礎サイクルの全体的なシステム効率を限定することになる。

図9の変換器組立体20に使用される高温燃料電池は、電流密度及び燃料利用の点で実用的は動作範囲を選択した場合に45~50%の効率を可能にする。図8に示したようなRTI方式を使用する混成システムでは、水蒸気またはガスタービンと組み合わせた高温燃料電池は、単独の場合に比して14~16%の追加的な向上を示し、全体として61~64%のシステム効率を示す。この効率の向上は入手可能な基礎サイクルの装置(典型

的な効率は29%)と共に使用する高温燃料電池重畳体からの廃熱を効果的に回収できることがその原因である。基礎サイクルのシステムに対して製造したままの動力プラント装置を使用するのがに適しているため、集積化が単純化し、また能率的な計画に関連した曖昧さが減少する。更に本発明によるプラント動作のバランスは放射熱集積(RTI)方式のために以下のごとく中間熱交換器または熱回収の補助システムを不要にする。

これに対して、もしも対流熱集積方式が燃料電池を水蒸気基礎サイクルと集積するために使用されるならば、効率は51~54%であり、放射熱集積方式(RTI)に比して7~13%程度低い。この性能の低下は主として熱を変換器重畳体から回収する際に対流熱集積方式により課せられる制限による。しかも、すで

に述べたように間接熱交換器はシステムに余分の費用を必要とする。

従来の燃料電池の熱管理には大量の補充液体冷媒または過剰の冷媒流を電気化学変換器組立体20に圧送した。このような大量の流体は熱応力を減じるために電解質の動作温度近くまで加熱する必要がある、また組立体20の全体に循環させなければならないので、専用の補充冷媒処理用補助システムが通常は使用される。この補助システムは図9に中間熱交換器105として示されており、補充冷媒の再生的加熱、ポンプ送り、及び処理のための装置を含む。この型の補助システムは全体のエネルギーシステムの費用を増大させる。更に、通常変換器

組立体20により使用される反応体の量の10倍以上である大量の補充反応体を処理するために、大型で複雑な補助システムが使用される。これに対して本発明では変換器組立体からの廃熱を除去するための補充冷媒流は使用しないので、専用の補助システムを使用する必要がない。



【図1】

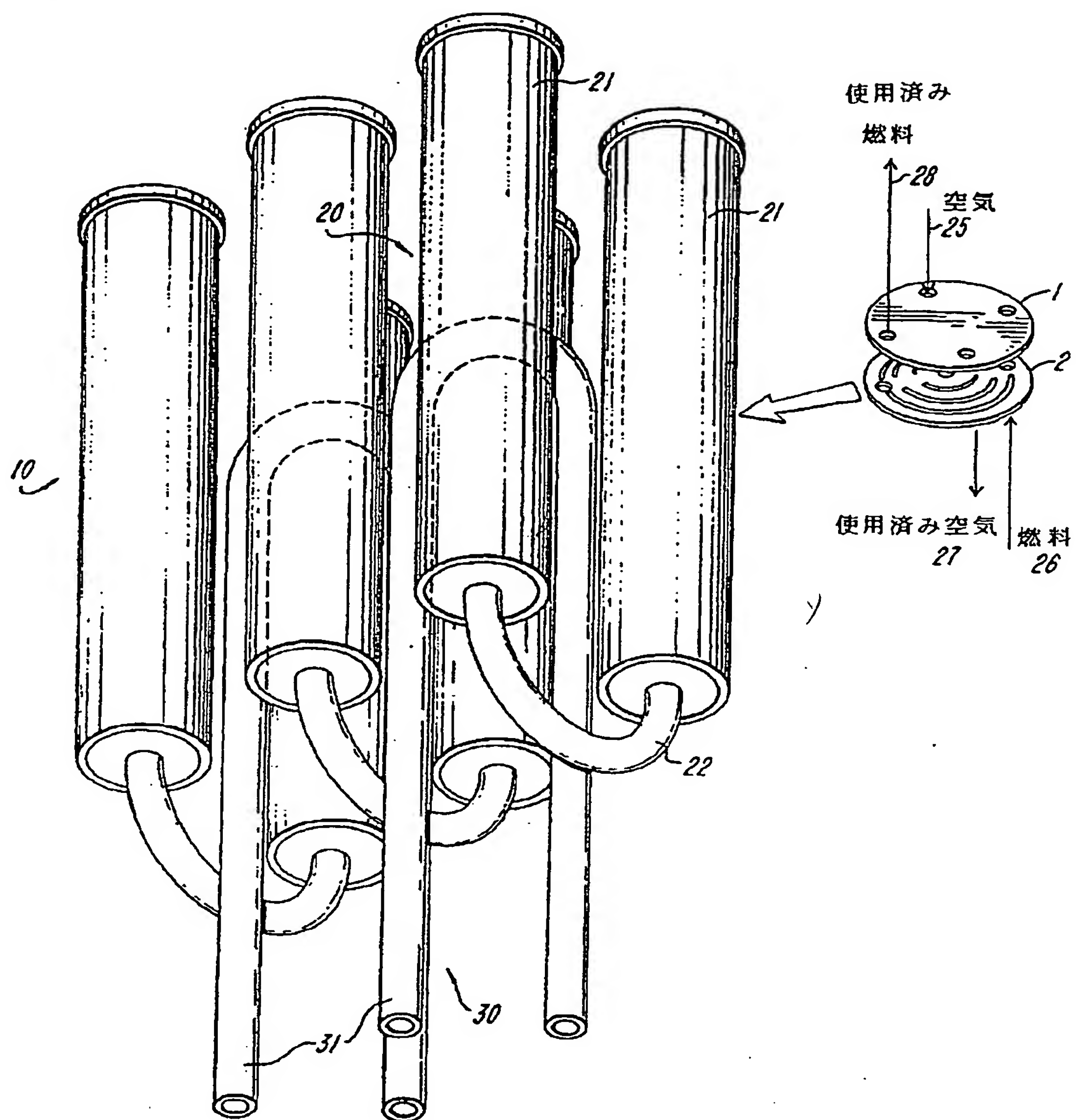
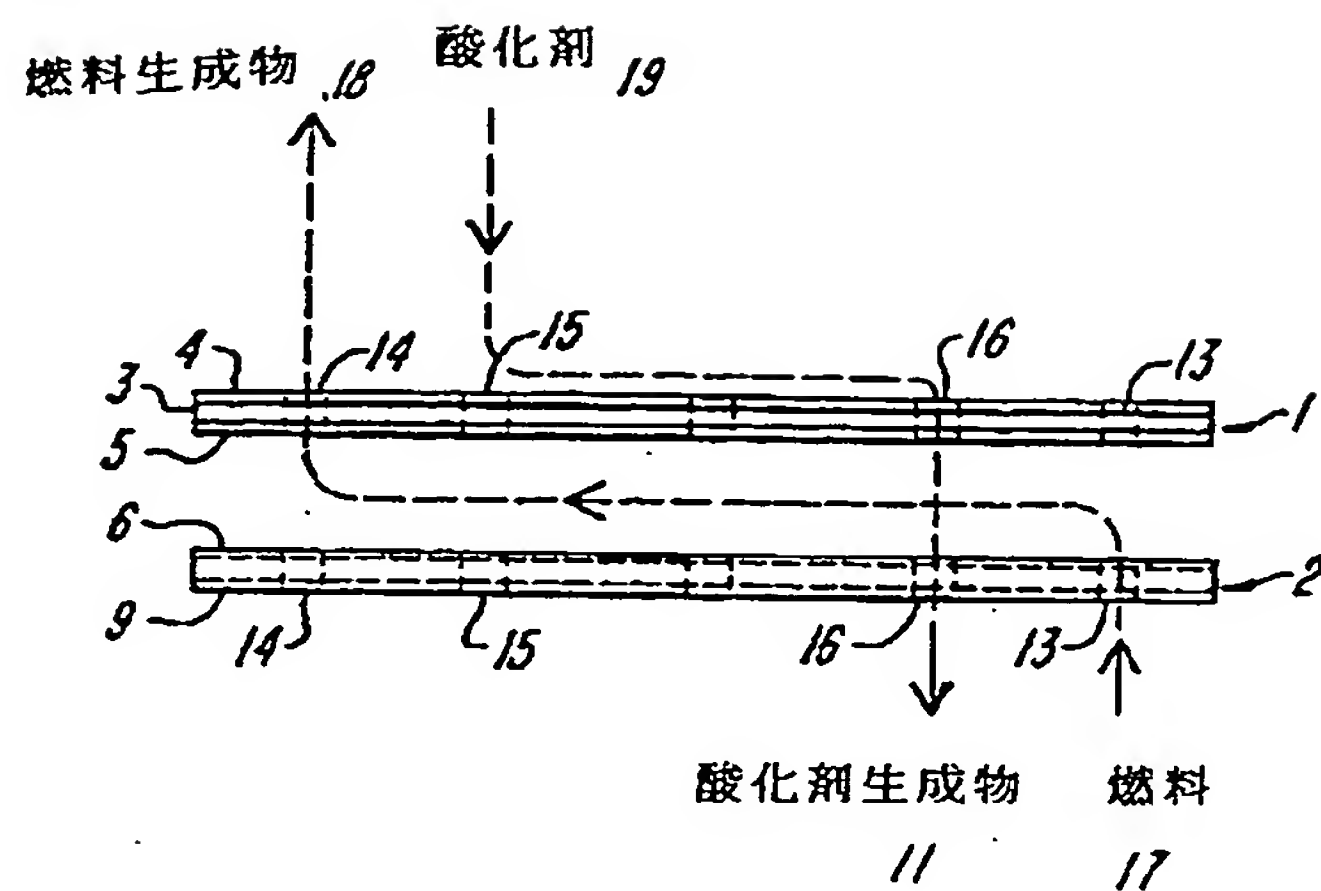
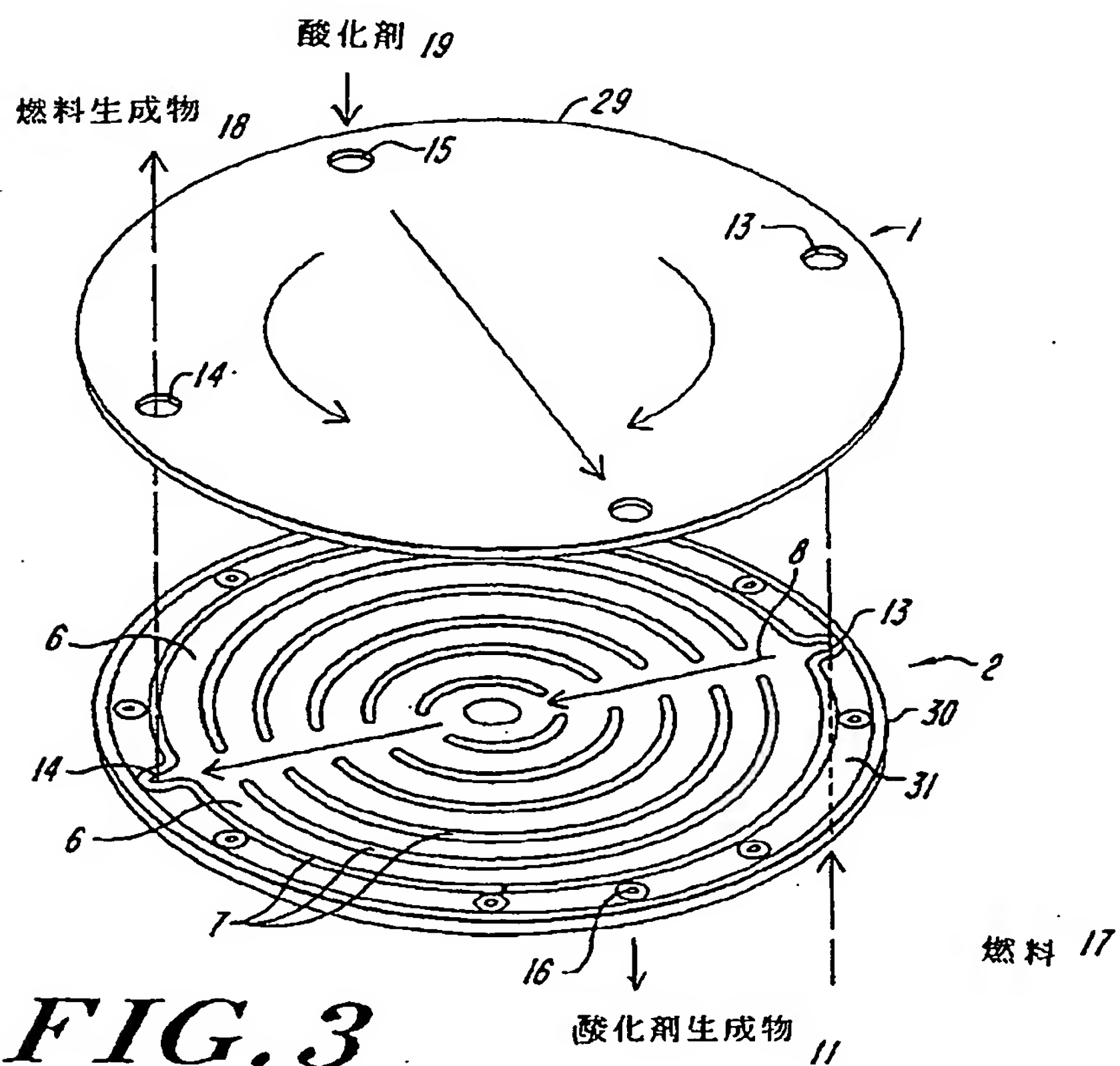


FIG. 1

【图2】

**FIG. 2**

【图3】

**FIG. 3**

【図4】

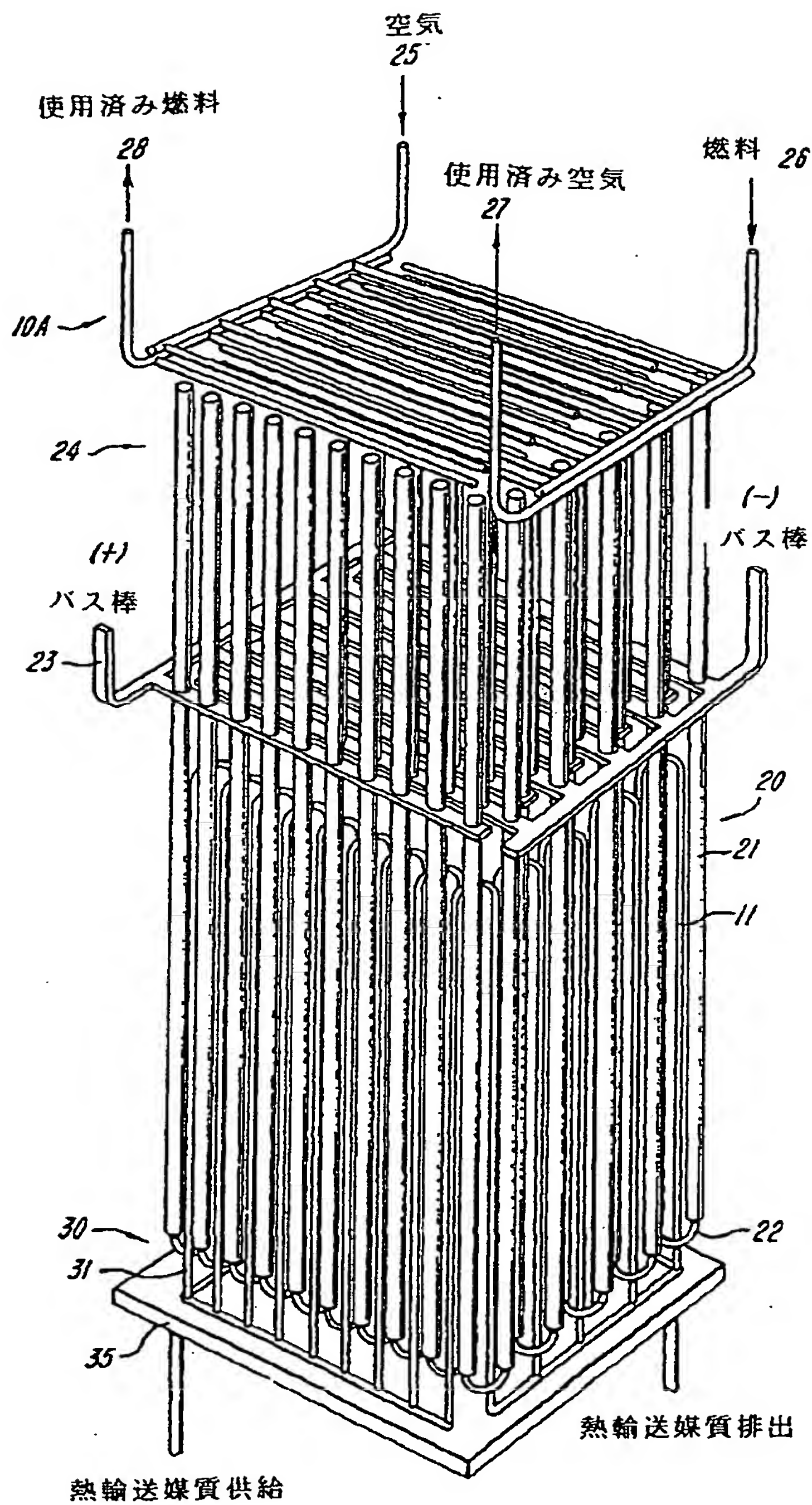
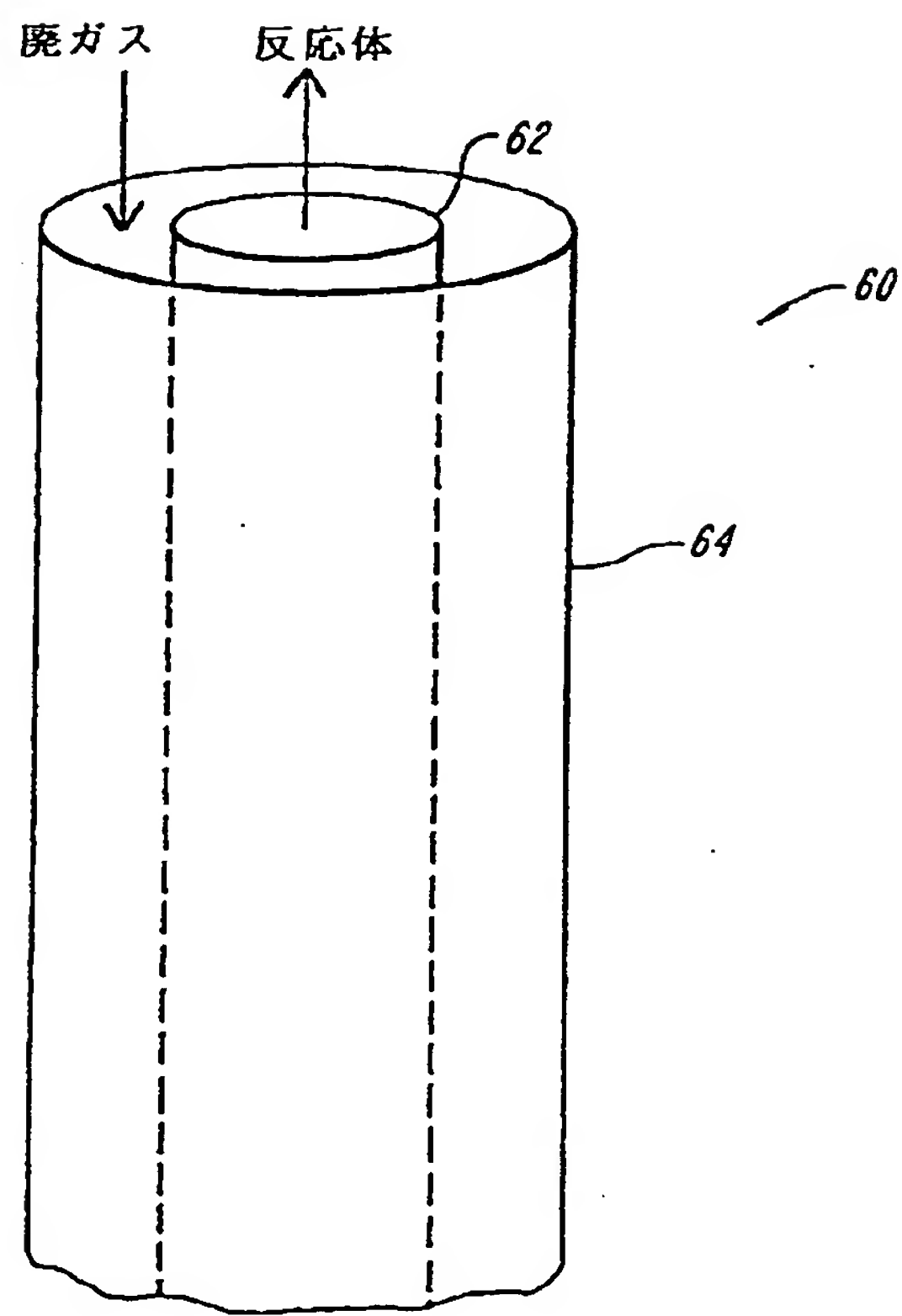


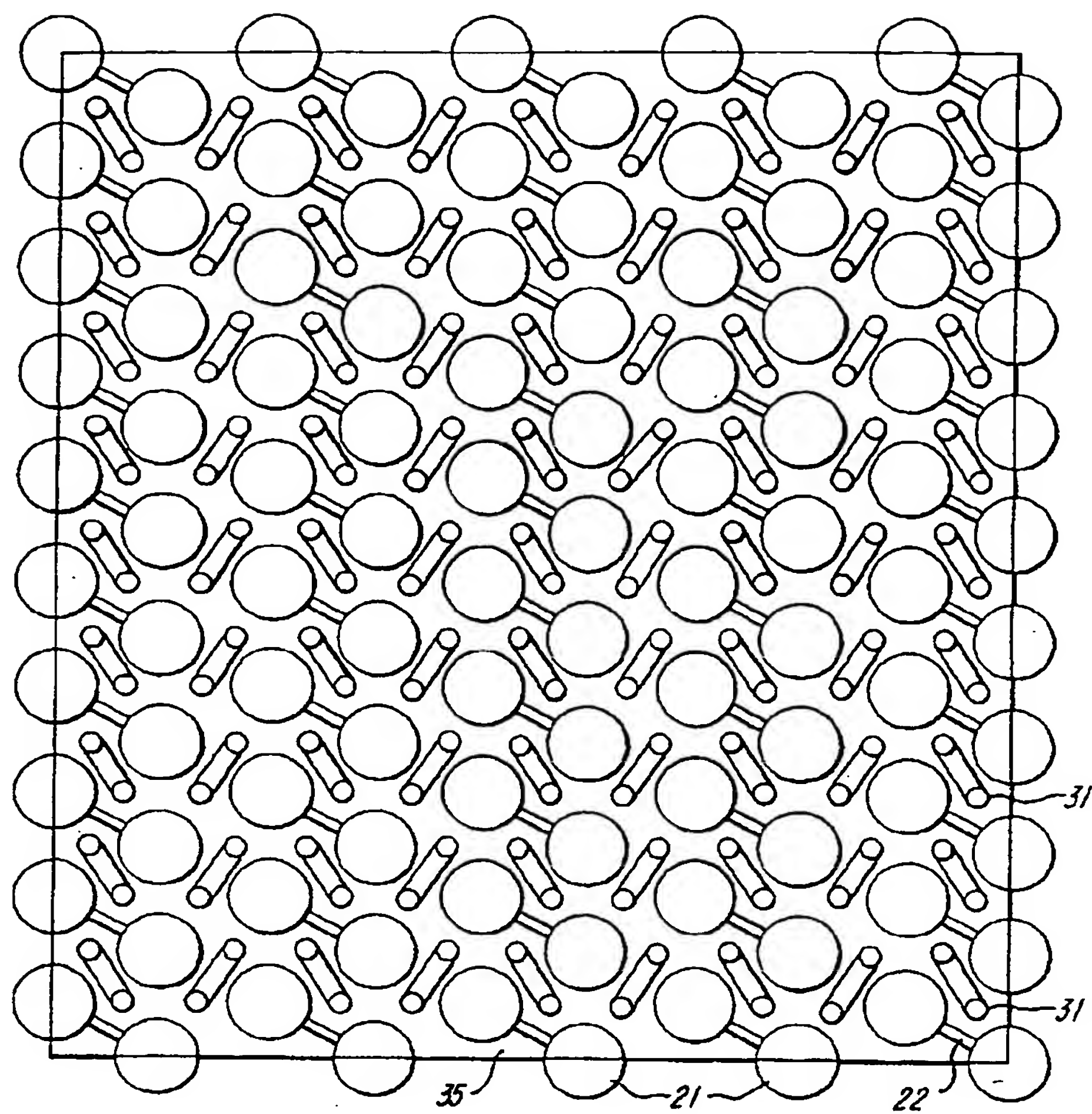
FIG. 4

【図5】

**FIG. 5**



【図6A】

**FIG. 6A**

【図6B】

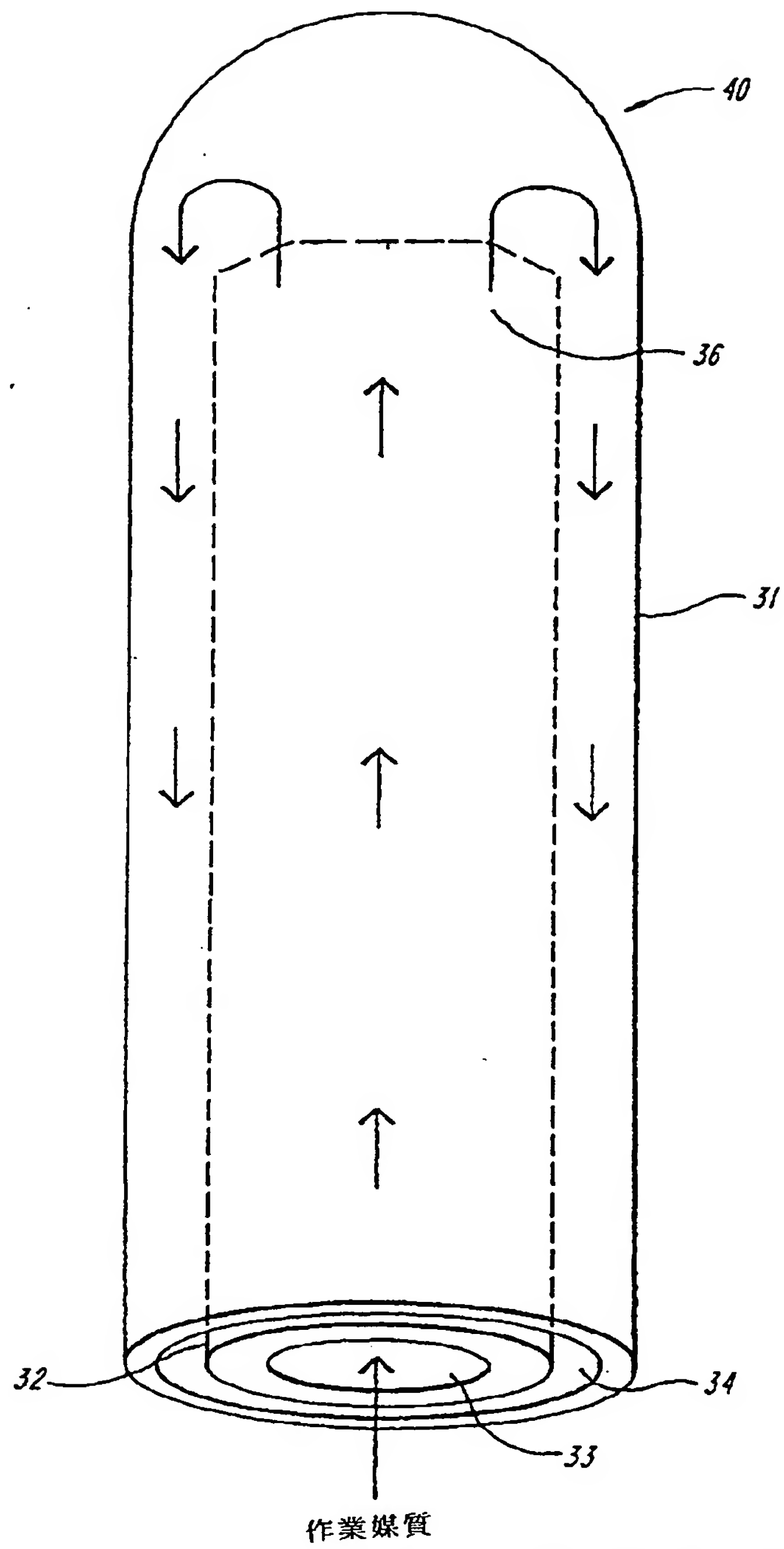


FIG. 6B

【図7】

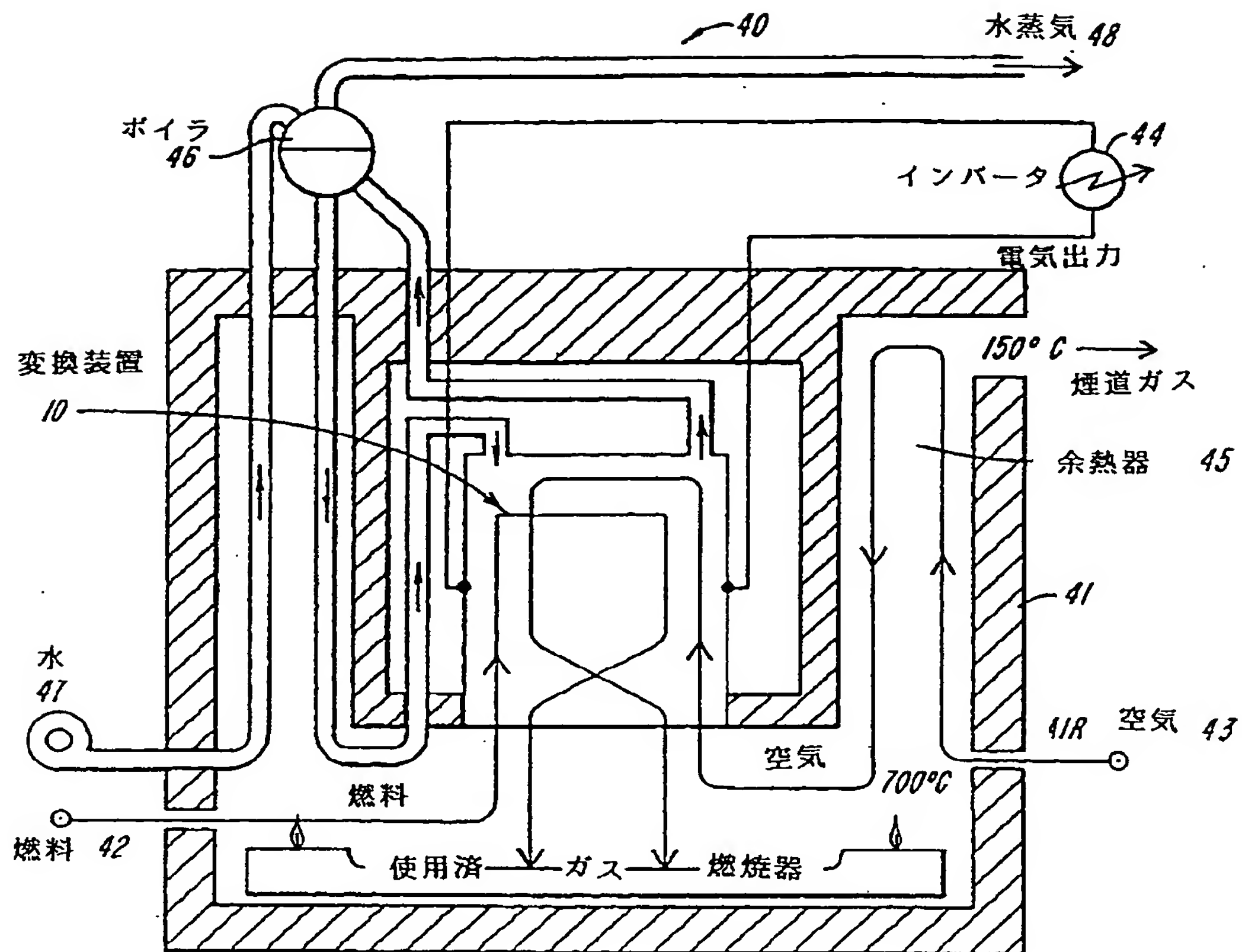


FIG. 7

【図8】

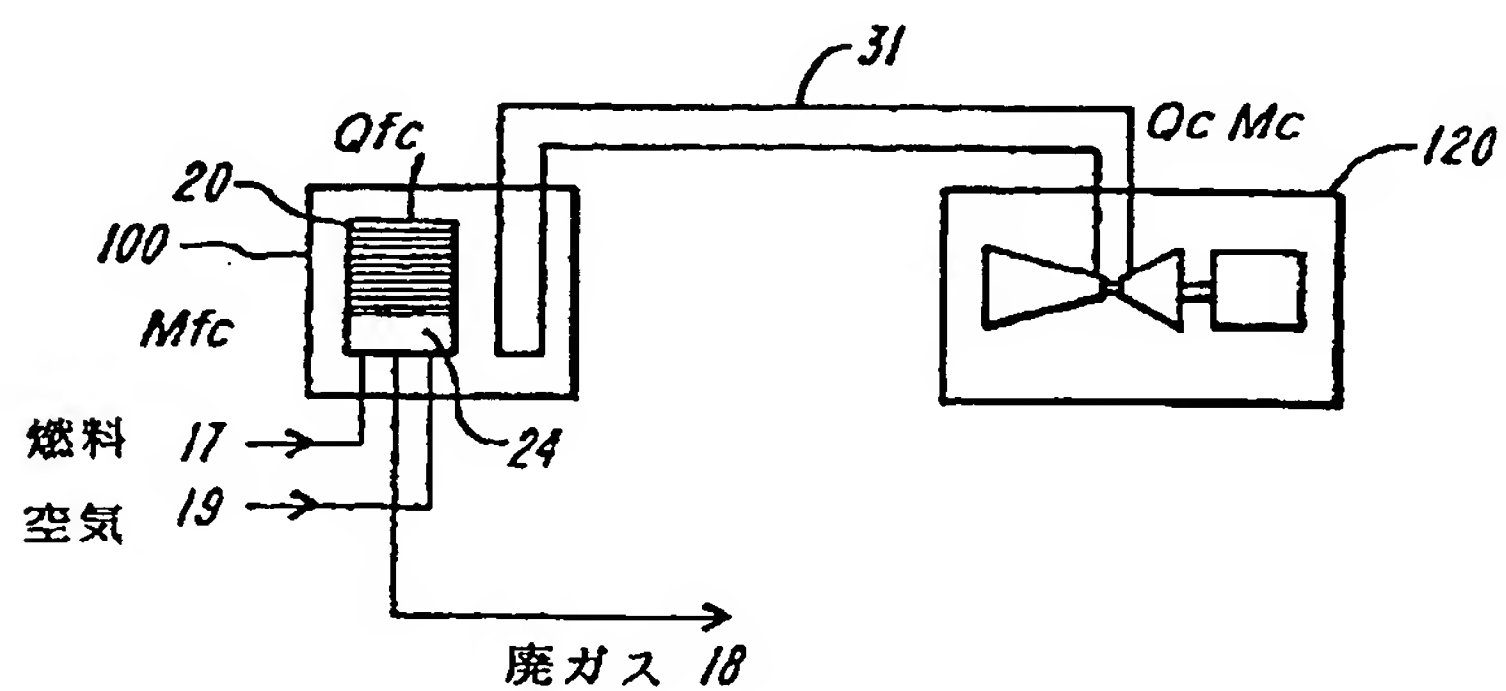
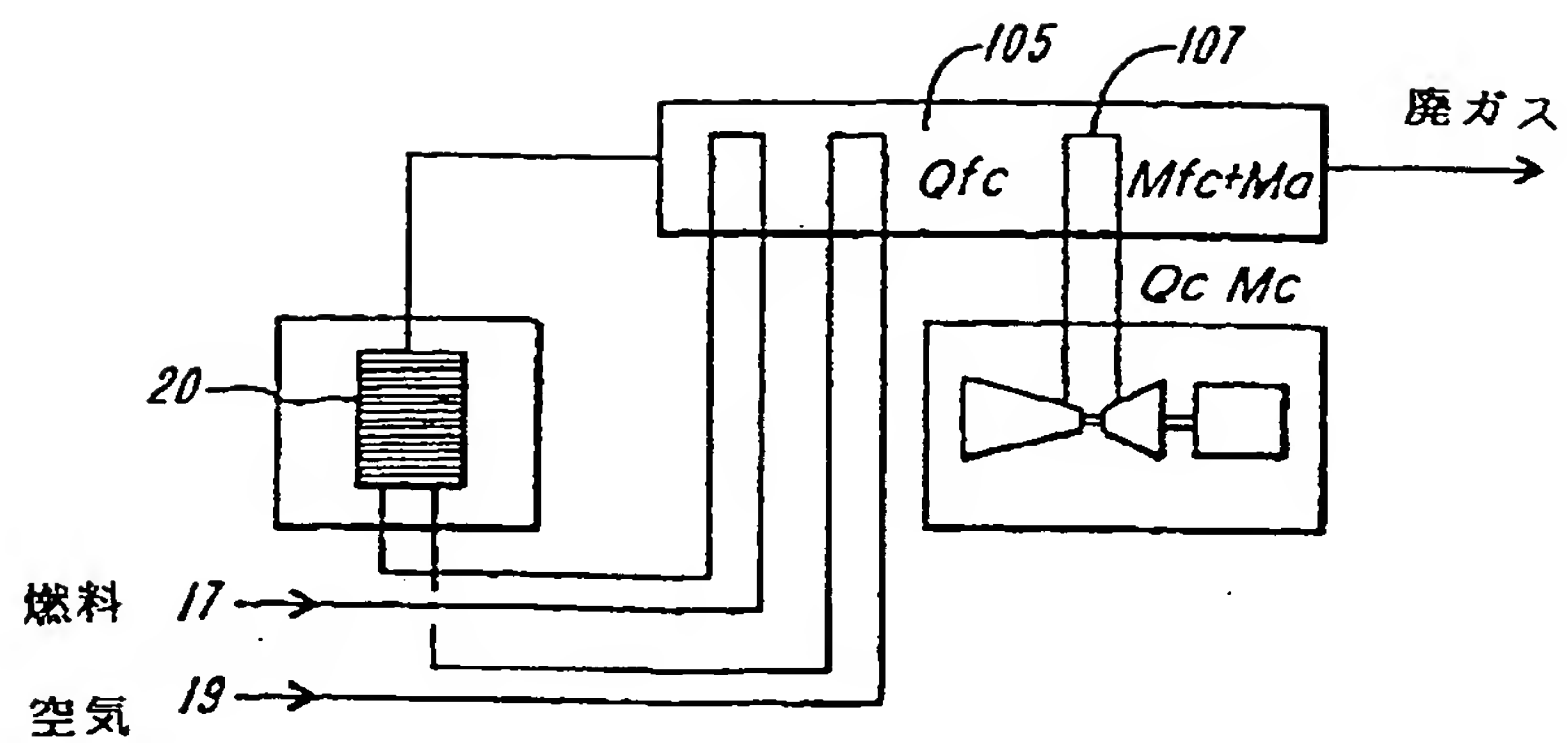


FIG. 8

【図9】

**FIG. 9**



## 【国際調査報告】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Enter Application No  
PCT/US 93/11409

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 5 H01M8/04 H01M8/24

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 5 H01M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, X	WO, A, 93 09572 (HSU MICHAEL S.) 13 May 1993 see page 13, last paragraph - page 14, paragraph 1; claims 18, 19; figure 5	1, 3-5, 13, 16
P, Y	---	2, 6, 7, 12, 17
Y	WO, A, 86 06762 (HSU MICHAEL) 20 November 1986 cited in the application see page 17, paragraph 2 - page 18, paragraph 1; figures 8, 9, 10 see page 18, line 22 - line 24 see page 19, paragraph 2 - page 20, line 2 ---	2, 6, 7, 12, 17
	--- -/-	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*Z\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

4 May 1994

Date of mailing of the international search report

11.05.94

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentamt 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 631 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

D'hondt, J

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.  
PCT/US 93/11409

C(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 16, no. 420 (E-1259) 4 September 1992 & JP,A,04 144 069 (HITACHI LTD) 18 May 1992 see abstract ---	7
Y	EXTENDED ABSTRACTS, ABSTRACT NR 178 vol. 87, no. 2, 18 October 1987, PRINCETON, NEW JERSEY US pages 261 - 262 M KRUMPELT ET AL 'SYSTEMS ANALYSES FOR HIGH-TEMPERATURE FUEL CELLS' see figure 3 ---	12
A	FR,A,1 585 403 (COMPAGNIE GENERALE D'ELECTRICITE) 23 January 1970 see page 7, last paragraph; claim B1 B2; figures 9,10 ---	1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 14, no. 130 (E-901)(4073) 12 March 1990 & JP,A,01 320 773 (MITSUBISHI HEAVY IND LTD) 26 December 1989 see abstract ---	1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 16, no. 095 (E-1175) 9 March 1992 & JP,A,03 276 575 (AGENCY OF IND SCIENCE & TECHNOL) 6 December 1991 see abstract ---	1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 12, no. 393 (E-670)(3240) 19 October 1988 & JP,A,63 133 461 (CENTRAL RES INST OF ELECTRIC POWER IND) 6 June 1988 see abstract ---	8
A	US,A,4 644 751 (MICHAEL S. HSU) 24 February 1987 see claim 8; figures 1,7 -----	2

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

information on patent family members.

Int. Appl. No.

PCT/US 93/11409

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO-A-9309572	13-05-93	AU-A- 3061392 CN-A- 1075033	07-06-93 04-08-93
WO-A-8606762	20-11-86	US-A- 4629537 DE-A- 3680992 EP-A, B 0222880 JP-T- 63500275 US-A- 4853100 US-E- RE34213 US-A- 4721556	16-12-86 26-09-91 27-05-87 28-01-88 01-08-89 06-04-93 26-01-88
FR-A-1585403	23-01-70	NONE	
US-A-4644751	24-02-87	NONE	